



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

- + *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.
- + *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.
- + *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.
- + *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse <http://books.google.com>

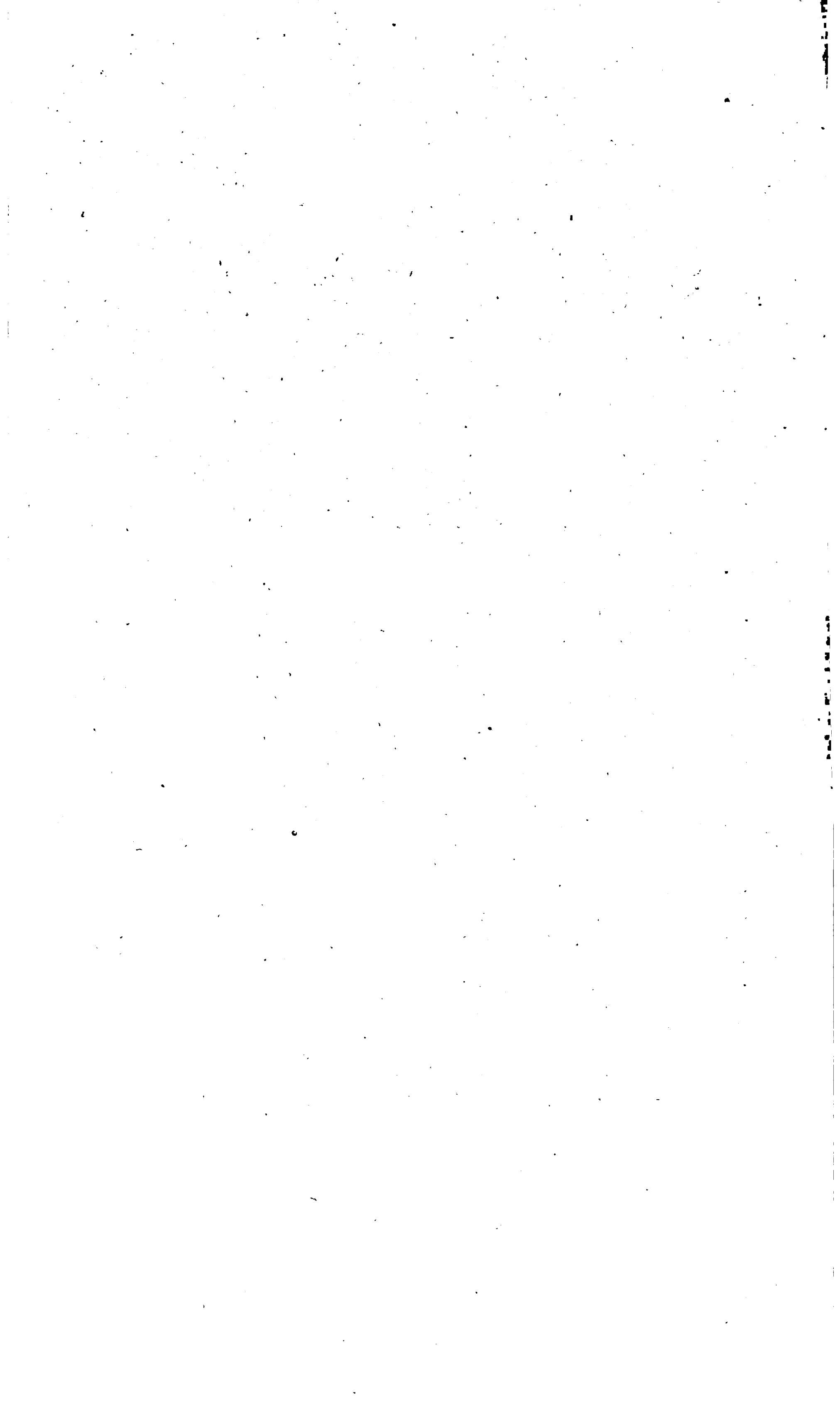


Storage
Natural Science
Library

TN

2

AG



ANNALES
DES MINES

DES MINES sont publiées sous les auspices de l'Administration et sous la direction d'une Commission spéciale, nommée par le Ministre des Travaux publics. Cette Commission, dont font partie le Ministre, le Directeur des routes, de la navigation et des mines et le Directeur des chemins de fer, est composée ainsi qu'il suit :

MM.	
Directeur gén. des mines,	NIVON, inspecteur général.
PILLIÈRE, insp. gén., Ecole supérieure des mines,	CHEYSSON, insp. gén. des ponts et chaussées, professeur à l'Ecole supérieure des mines.
Inspecteur général.	POTIER, ingénieur en chef, prof. à l'Ecole supérieure des mines.
Ingénieur gén., professeur à l'Ecole supérieure des mines.	DOUVILLÉ, d ^r
Inspecteur général.	BERTRAND, d ^r
Ingénieur gén., inspecteur de l'Ecole supérieure des mines.	LE CHATELIER, d ^r
Ingénieur gén., professeur à l'Ecole supérieure des mines.	LODIN, d ^r
Ingénieur gén., secrétaire de la Commission de la statistique des mines.	SAUVAGE, d ^r
Ingénieur gén., insp. gén.	HUMBERT, d ^r
	TERMIER, d ^r
	PEILLÉ, ing. des mines, professeur à l'Ecole supérieure des mines.
	DE LAUNAY, d ^r
	ZEILLER, ingénieur en chef, secrétaire de la Commission.

La Commission a réservé un certain nombre d'exemplaires des Annales pour être envoyés soit, à titre de don, aux principaux savants nationaux et étrangers consacrés aux sciences et aux arts, soit à titre d'échange, aux rédacteurs des ouvrages scientifiques nationaux et étrangers, relatifs aux sciences et aux arts.

Tous les documents concernant les ANNALES DES MINES doivent être adressés au Ministre des Travaux publics, à Paris, en chef, secrétaire de la Commission des ANNALES DES MINES.

Les auteurs reçoivent *gratis* 20 exemplaires de leurs articles.

Le tirage se fait à raison de 9 francs par cent, 10 francs de 50 à 100, et 5 francs en plus pour chaque fraction de centaine à partir de la seconde. — Le tirage à l'étranger est payé 10 francs par planche et par cent exemplaires. Les planches extraordinaires sont payées au prix

Le tirage, compris couverture imprimée et faux frais, est payé, par cent ou une fraction de cent, 3 francs le premier tirage, et 2 francs pour chaque centaine ou fraction de centaine en plus. Pour chaque planche, ou chaque nouvelle feuille de texte, il sera payé 10 francs par centaine d'exemplaires.

Le tirage des ANNALES DES MINES a lieu par livraisons, qui paraissent

Les livraisons annuelles forment trois volumes, dont deux consacrés aux sciences et techniques, et un consacré aux questions de droit et à la jurisprudence. Ils contiennent ensemble 24 planches gravées environ.

Le prix de vente est de 20 francs pour Paris, de 24 francs pour l'étranger et de 28 francs pour l'étranger.

Tours. — Imprimerie DESLIS FRÈRES.



6 MÉMOIRE SUR LES PHOSPHATES NOIRS DES PYRÉNÉES

faisaient partie d'une couche régulière, interstratifiée dans les calcaires appartenant au terrain dévonien supérieur.

Cette première constatation me permit de repérer la couche depuis le Roc Manaudas, qui se trouve sur les terrains communaux du canton d'Accous, jusque sur les bords du ruisseau de Labrenère, affluent du Gave de Lescun. Au-delà de ce ruisseau, le gisement traverse les bois dits de Larassiette et se dirige, en suivant une ligne à peu près N.E.-S.O., vers la ligne des crêtes qui forme la frontière d'Espagne. Toute cette seconde partie du gisement se trouvait sur le territoire de la commune de Lescun, sur laquelle les détenteurs du droit d'exploitation des matières non concessibles, MM. Roger Manescau, Marcou et Ernest Lavigne, avaient déjà obtenu de la commune un périmètre d'exploitation qu'ils firent aussitôt étendre sur le prolongement vers le Sud de la couche phosphatée.

J'ai communiqué les résultats de cette première étude au Congrès de l'Association française pour l'Avancement des Sciences à Nantes, au commencement du mois d'Août dernier. J'ai donné à cette époque, à la Section de Géologie (*), les coupes principales de ce gisement avec quelques indications générales sur la formation dévonienne et carbonifère de la région.

Un certain nombre d'agriculteurs du département des Basses-Pyrénées ayant déjà fait l'essai direct de ces phosphates, simplement moulus, à des cultures assez variées, je présentai un résumé de leurs résultats cultureux à la Section d'Agronomie (**) du même Congrès.

Je possédais, d'autre part, des notions complètes sur

(*) Association française pour l'Avancement des Sciences : Congrès de Nantes, 1898 : M. D. LEVAT, *Notice géologique sur les phosphates noirs d'Accous (Basses-Pyrénées)*. Communication faite à la VIII^e Section (Géologie).

(**) Même session : M. D. LEVAT, *Une nouvelle source de phosphates français. Les phosphates noirs d'Accous*. Communication à la XIII^e Section (Agronomie).

les gisements dévoniens du Tennessee, dont j'ai parlé dans un précédent ouvrage, paru dans les *Annales des Mines*, de sorte que j'avais envisagé, dès les premiers jours, la possibilité d'un parallélisme complet entre les gisements de phosphates noirs dévoniens des Pyrénées et ceux, de même âge, du Nouveau Monde.

La découverte récente des gisements de phosphate dévoniens de l'Arkansas, sur lesquels je possédais des données précises, me faisait envisager comme très probable l'existence d'un grand niveau phosphaté de même âge, sur le versant Nord des Pyrénées françaises.

Découverte du niveau des phosphates noirs dévoniens. — Convaincu, par conséquent, que je devais retrouver la prolongation des phosphates d'Accous et de Lescun sur d'autres points des Pyrénées et démontrer ainsi la continuité de ce niveau, tout au moins au point de vue géologique et stratigraphique, je portai mes recherches sur les diverses régions où les contacts entre le terrain dévonien et les terrains de transition sont particulièrement développés.

C'est ainsi que j'ai découvert, dès la première quinzaine du mois d'Août dernier, les gisements de phosphate noir qui s'étendent, entre Foix et Saint-Girons, sur une longueur de plus de 20 kilomètres.

Passant de là sur la rive droite de l'Ariège, je les retrouvais très nettement caractérisés aux environs de Celles et de Saint-Antoine, sur la route de Foix à Ax-les-Thermes, et enfin, au Sud de Prades, dans les Pyrénées-Orientales, aux environs de Villefranche-de-Conflent.

Remontant ensuite dans le massif des Corbières, où le Dévonien et les terrains de transition ont été signalés et étudiés depuis déjà longtemps, j'y retrouvais, géologiquement caractérisé par la présence des nodules, le niveau phosphaté qui couronne la griotte.

LES PHOSPHATES NOIRS DES PYRÉNÉES

miner cette reconnaissance d'ensemble ; le retrouver sur le flanc Sud de la montagne environs de Caunes, c'est-à-dire sur les efforts de la grande formation dévonienne érault. Nul doute qu'on ne puisse suivre, dans les départements, le niveau phosphaté, on le voit, jalonné déjà les principaux surface considérable.

de ce nouvel horizon est, ainsi que je sujette à des variations considérables ; de la couche au point de vue purement désormais un fait acquis et indéniable, et dans ma récente communication à sciences (*). Quant à la valeur industrielle noirs des Pyrénées, elle dépend, on le voit, de plusieurs genres de considérations.

est la proximité plus ou moins immédiate, voisinage dont l'importance est grande qu'il s'agit de matières, ayant toutes une valeur intrinsèque relative-

que la composition de la couche et sa phosphorique sont sujettes à des variations. En effet, certaines zones privilégiées sont en présence, au sein du gisement dont ils sont essentiellement, d'une quantité de nodules blancs, généralement aplatis, tenant 60 à 70 % de phosphate tribasique de chaux. Ce sont ces zones, sans contredit, le plus d'intérêt au point de vue industriel.

La composition même des matières est sujette à des variations très importantes au point de vue de la valeur des produits. Les phosphates noirs des

Sur les phosphates noirs des Pyrénées, présentée à l'Académie des Sciences (C. R., Séance du 21 Novembre 1898).

MÉMOIRE SUR LES PHOSPHATES NOIRS DES PYRÉNÉES

Pyrénées présentent diverses particularités remarquables ils contiennent tous une proportion assez élevée de matières organiques. Certains échantillons m'ont donné jusqu'à 38 p. 100, et dans cette matière organique on trouve de l'azote sous forme d'azote organique et non d'azote minéral, en quantité qui est souvent loin d'être négligeable au point de vue agricole. J'ajoute que la potasse même sous forme soluble dans l'eau, y a été généralement reconnue, quoique en proportion plus faible. On voit que ces matières diffèrent foncièrement non seulement par leur aspect, mais aussi par leur composition intime, des phosphates minéraux ordinaires.

Il y a là, en résumé, un ensemble de considérations qui méritent quelques développements. Bien que le temps qui s'est écoulé depuis mes premières prospections sur ces lieux soit relativement court, j'espère être en mesure de pouvoir dégager, dès à présent, un certain nombre de faits nouveaux et bien établis, qu'il m'a paru utile de faire connaître.

Tel est le but du présent mémoire.

Importance de cette découverte. — Les gisements de phosphates naturels que j'ai découverts dans la région pyrénéenne offrent, pour toute la région agricole du Sud-Ouest depuis Narbonne jusqu'à Bordeaux, un intérêt majeur. Toute cette partie de la France est, en effet, essentiellement agricole, et ses terres manquent presque toutes de l'élément phosphore ; d'autre part, les gisements de phosphates importants ont fait jusqu'ici totalement défaut dans cette région. Les agriculteurs ont été obligés de s'adresser jusqu'ici aux phosphates importés ou aux scories de déphosphoration, importées aussi.

Les phosphates du Lot et du Lot-et-Garonne, plus connus sous le nom de phosphates du Quercy, n'ont eu qu'une durée éphémère, et le mode même de gisement de ces

10 MÉMOIRE SUR LES PHOSPHATES NOIRS DES PYRÉNÉES

matières, en poches ou amas concrétionnés de phosphorite riche dans les calcaires oxfordiens, n'était pas de nature à assurer leur avenir. Ces exploitations sont aujourd'hui complètement arrêtées. Elles n'ont dû leur vogue qu'aux prix extraordinairement élevés auxquels on payait les phosphates riches à l'époque où leur exploitation dans le Quercy battait son plein, vers 1886. La baisse de prix qui s'est produite dès 1890 a été le signal d'arrêt. Le prix du kilogramme d'acide phosphorique entre 1886 et 1892 a baissé de plus de 50 p. 100.

On peut dire, en thèse générale, que, depuis la découverte des grands gisements de phosphates sédimentaires, les phosphorites et les apatites, en gisements irréguliers et limités, ont pratiquement disparu du marché. Je comprends, sous ce nom de phosphates sédimentaires en couches, aussi bien les phosphates de la craie grise qu'accompagnent les poches de sables phosphatés de la Somme et de l'Oise, que les phosphates éocènes de l'Algérie et de la Floride et, enfin, pour citer les derniers venus dans l'ordre chronologique, les gisements dévoniens ou post-dévoniens du Tennessee et de l'Arkansas, aux États-Unis, et les phosphates noirs, du même âge, des Pyrénées.

Plan du mémoire. — Je me propose, dans l'étude qui va suivre, de donner une description des principaux gisements de phosphates noirs, que j'ai découverts dans les Pyrénées, en faisant ressortir tout d'abord le lien géologique qui les réunit, en décrivant ensuite les diverses particularités qui les caractérisent. J'en déduirai un essai sur la répartition de ces matières en zones riches, zones à nodules, etc. ; et je dirai à ce sujet quelques mots sur l'origine de ces matières, d'après l'étude sommaire que j'ai pu en faire, tant sur les lieux qu'au laboratoire, dans le court laps de temps dont j'ai disposé depuis leur découverte.

HISTORIQUE

phosphates dévoniens en général. — La présence du phosphate de chaux dans le terrain dévonien en France a été constatée jusqu'ici qu'à titre exceptionnel, de sorte que les travaux sur ce sujet se réduisent à très peu de chose.

On peut dire d'ailleurs, en thèse générale, que jusque vers les derniers temps la formation dévonienne était considérée comme une de celles qui se signalait par sa pauvreté extrême en horizons phosphatés, horizons qui deviennent, on le voit, de plus en plus fréquents dans toute l'échelle des terrains, à partir de la période crétacée. En dehors, en effet, des gîtes classés sous le nom de Nassau, on ne connaissait jusqu'à ces dernières années, aucun gisement de phosphates dévoniens, susceptible d'une utilisation industrielle. Cette exception à la règle du terrain dévonien n'était d'ailleurs qu'apparente. Les travaux de Fuchs sur ce sujet sont restés malheureusement inédits; mais M. de Launay les a résumés dans le *des Gîtes métallifères*. Leur conclusion, c'est que les dits dévoniens du Nassau (environs de Weilbourg Limbourg) ne sont pas enclavés dans les assises sédimentaires; la constitution de la partie réellement exploitée de leur masse est due à des phénomènes assez récents, qui ont concentré, dans des poches creusées dans le dévonien, les phosphates provenant des terrains supérieurs (°).

On trouve aussi l'opinion de M. Nivoit, qui attribue cette formation des phosphates de Nassau à la période tertiaire. L'ingénieur cite encore, dans son excellent petit traité *des gisements de phosphates de chaux*, paru en 1884

CHU ET DE LAUNAY, *Traité des Gîtes métallifères*, T. I, p. 361.

MÉMOIRE SUR LES PHOSPHATES NOIRS DES PYRÉNÉES

dans l'*Encyclopédie chimique* de Frémy (*), comme phosphates dépendant du terrain dévonien en France, rares petits nodules à 15 p. 100 d'acide phosphorique, tenus dans les schistes à *Calceola sandalina* de Viri Molhains (Ardennes) et les concrétions mamelonnées d transparentes décrites par M. Damour, il y a trente-ans.

Note de M. Damour. — Ce dernier travail mérite mention spéciale, car la note publiée par M. Damour dans les *Annales des Mines* (**) s'appliquait justement à un échantillon provenant du gisement de phosphates noirs de Saint-Girons. Malheureusement cette note n'envisage que le côté purement docimasique et minéralogique de l'échantillon, et c'est ainsi que l'intéressant petit travail de M. Damour n'a pas été l'origine de la découverte des phosphates noirs des Pyrénées, bien qu'il ait été le premier à signaler la présence de l'acide phosphorique dans la région.

Analyse de M. Damour. — Voici l'analyse de l'échantillon qui avait été remis à M. Damour par M. Boubée :

Acide phosphorique.....	40.00
Chaux.....	47.31
Eau.....	5.30
Fluor.....	3.36
Calcium.....	3.60
Phosphate ferrique.....	0.43

correspondant à la formule :



(*) NIVORT, Professeur de Géologie à l'École des Ponts et Chaussées, *Gisements de phosphates de chaux* (*Encyclopédie chimique* de Frémy, Sect. I, 2^e partie : *Produits chimiques*, p. 83.

(**) *Annales des Mines*, 5^e série, T. X, p. 65.

14 MÉMOIRE SUR LES PHOSPHATES NOIRS DES PYRÉNÉES

« Cette espèce minérale, ajoute M. Damour, remplit
« les fissures d'une roche argilo-ferrugineuse de couleur
« brune, contenant une notable proportion de phosphate
« de chaux et de carbonate de chaux, qui remplit un mince
« filon engagé *entre les parois d'un schiste noir des environs*
« *de Saint-Girons (Ariège)*. M. Boubée, qui l'a recueilli en
« place, considère les matières enfermées dans ce filon
« comme ayant été amenées par des eaux thermales à
« une époque géologique très ancienne. Dans le même
« schiste, et à très peu de distance de ce filon, on rencontre
« également la wavellite aciculaire et concrétionnée.

« La substance minérale dont je viens d'exposer les
« caractères et la composition doit être considérée comme
« une chaux phosphatée ou apatite hydratée. Je propose
« de lui donner le nom d'hydro-apatite, qui rappelle sa
« composition. »

Comme on le voit, on négligea à l'époque d'analyser les « schistes noirs », qui ne sont autre chose que la couche phosphatée que je décris plus loin, et l'existence des nodules dans cette couche ne fut pas remarquée.

Depuis cette époque, la présence de ces nodules n'a pas échappé à un certain nombre de géologues qui ont écrit sur les Pyrénées. Je citerai, dans la suite de ce travail, en étudiant les divers gisements de phosphates que j'ai reconnus, certains passages qui ne laissent aucun doute à cet égard. Leurs descriptions, pour la plupart, tant au point de vue de la position stratigraphique de la couche qu'à celui de l'exactitude des détails, ne laissent rien à désirer. Seule, la composition chimique de cette formation et, partant, son importance industrielle, avaient échappé jusqu'ici.

Recherches pour charbon. — Mais il y a plus. En différents points et notamment dans la vallée d'Aspe (Basses-Pyrénées) et aux environs de la Bastide-de-Sérou (Ariège),

MÉMOIRE SUR LES PHOSPHATES NOIRS DES PYRÉNÉES

Analyses de 1896. — Vers la fin de 1896, M. Roger nescan, de Pau, en essayant de faire brûler les mares extraites de Roc Manaudas, fut frappé de la quantité considérable de cendres blanches que laissait la calcination de ces matières. Il eut l'idée, les cendres étant quemment employées comme amendement, de faire analyser les matières provenant de Roc Manaudas par le oratoire agricole de Lembeye, ainsi que par M. Aubin, miste des Agriculteurs de France, pour se rendre npte de leur valeur comme engrais; ces chimistes urent pas de peine à reconnaître la véritable nature soi-disant anthracite du Roc Manaudas.

Jusqu'en 1898 on s'est borné à extraire du Roc Manaudas et à broyer grossièrement quelques tonnes de phosphates destinées aux essais culturaux dans la région. Bien exécutés dans des conditions tout à fait primitives, tant au manque de chemin d'accès, ces essais ont permis de se rendre compte de la valeur comme engrais des phosphates noirs des Pyrénées, par emploi direct. J'y reviendrai plus loin d'une façon plus détaillée.

Premières prospections de la couche. — Telle était la situation lorsque j'ai visité les lieux pour la première fois, le 9 Mai 1898. Les propriétaires, comme je l'ai dit plus haut, n'avaient aucune notion sur les conditions géologiques de leur gisement. Ils en connaissaient seulement la nature. Aux termes d'une notice publiée par l'un d'entre eux, M. Ernest Lavigne (*), les phosphates du Roc Manaudas appartenaient à la formation crétacée inférieure. Ces nodules, qui sont assez rares d'ailleurs dans la région du Roc Manaudas, n'étaient pas signalés à cette époque.

*) *Phosphates béarnais de la vallée d'Accous*, par E. LAVIGNE, Paris 1898. Oloron, Imprimerie Lample.

MÉMOIRE SUR LES PHOSPHATES NOIRS DES PYRÉNÉES

J'ai expliqué, au début de ce travail, comment j'avais pu, en partant de ces données premières, reconnaître la véritable formation des phosphates de la vallée d'Accou. Généralisant ensuite mes conclusions, j'ai recherché et découvert, pendant le second semestre de l'année 1886, la couche de phosphates noirs sur toute l'étendue des Pyrénées.

Phosphates du Tennessee. — Il me paraît intéressant, avant de terminer ce résumé historique, de dire quelques mots des phosphates du Tennessee, dont la découverte toute récente, offre des analogies frappantes avec celle qui fait l'objet de ce travail.

Il est d'autant plus intéressant de présenter ces parallèles que la connaissance que je possédais du mode de gisement, de la nature et de l'aspect du phosphate de roche et des nodules du Tennessee, a été, comme je l'ai dit dans mon Introduction, la raison déterminante de mon premier voyage de prospection dans les Pyrénées.

En outre, la découverte des phosphates du Tennessee est venue combler la lacune que je signalais au début de ce paragraphe. Ces phosphates appartiennent, d'une manière indubitable, au terrain dévonien supérieur ou tout au moins, aux schistes de passage entre le dévonien supérieur et le carbonifère. C'est exactement le même niveau que j'ai reconnu et vérifié par de nombreuses coupes pour la couche de phosphate noir des Pyrénées.

Il y a donc là une concordance qu'il importe de bien mettre en lumière, car elle est de nature à provoquer de nouvelles recherches sur d'autres régions dans lesquelles on a négligé jusqu'ici d'étudier, au point de vue de leur teneur en acide phosphorique, les formations dévonien supérieures ou post-dévonien.

Au point de vue industriel, il suffit, pour se rendre

18 MÉMOIRE SUR LES PHOSPHATES NOIRS DES PYRÉNÉES

compte de l'importance considérable des phosphates dévoniens du Tennessee, de jeter les yeux sur le tableau suivant, qui donne la production annuelle de cette région depuis sa mise en exploitation (1894).

PRODUCTION DES PHOSPHATES DU TENNESSEE.

ANNÉES	PRODUCTION EN TONNES
1894	17.384
1895	45.329
1896	57.846
1897	121.251
1898	320.000

On voit que la production a presque triplé d'une année à l'autre. Un fait important a été, en 1897, l'arrivée de ces phosphates sur les marchés d'Europe. 16.175 tonnes ont été embarquées à Pensacola avec des taux de frets réellement extraordinaires de bon marché. Les transports par terre sont, par contre, assez coûteux; le tarif de Mont-Pleasant, centre des expéditions, à Baltimore par exemple, n'est pas moindre que 20 francs par tonne.

Une carte récemment publiée par Rhum et O'Neal indique, pour le bassin phosphaté de Mont-Pleasant, une surface totale de 3.800 hectares, sur laquelle 1.000 hectares contiennent des phosphates à haut titre. Le rendement probable par hectare est de 8.000 tonnes (*).

Voici maintenant un résumé rapide de l'historique et de la géologie des phosphates du Tennessee. J'en emprunte les principaux éléments à une étude très complète sur ce sujet, parue, il y a trois ans, dans les *Transactions of the American Institute of Mining Engineers* (**).

(*) *Mineral Industry*, Année 1897, p 532.

(**) *The phosphates of Tennessee*, par MM. THOMAS, MEADOWS et LYTLE BROWN (*Transactions A. I. M. E.*, vol. XXIV, 1894, p. 584 et suiv.).

Géologie. — Les phosphates de la région centrale du Tennessee occupent une vaste surface entre la rivière du même nom et la rivière Cumberland. Nashville est le centre autour duquel rayonnent les différentes voies ferrées qui parcourent ce bassin. Au point de vue géologique, on trouve, à la base, la série dite de Trenton (Silurien inférieur) qui règne dans toute la partie Ouest de la région, sur les bords du Tennessee. Vers l'Est au contraire, on trouve les formations dites du Niagara et du Helderberg inférieur, qui correspondent, dans l'échelle américaine des terrains, aux séries du Silurien supérieur. En tous cas, les roches qui terminent ces diverses séries sont toujours des calcaires.

La couche phosphatée fait partie du terrain dévonien qui repose directement sur les calcaires siluriens. Son épaisseur est très faible et se réduit en réalité à la couche phosphatée elle-même et à un schiste noir qui alterne, sur certains points, avec un grès de 3 ou 4 pieds d'épaisseur, qui présente aussi un caractère nettement dévonien. Au dessus commence, en stratification concordante, la série carbonifère, qui débute par une puissante formation de schistes ardoisiers atteignant souvent 70 mètres de puissance, qui contient la couche à nodules. Une formation de marnes avec bancs calcaires couronne ces schistes et forme le sommet des collines environnantes. L'ensemble du terrain n'a subi que des plissements insignifiants, de sorte que les affleurements du schiste noir donnent, sur la carte où ils sont reportés, l'illusion d'une vaste courbe de niveau.

Cette formation a été décrite d'une manière très complète par le D^r Safford, il y a environ quarante ans ; il y signalait la présence des nodules et l'existence d'une sorte de grès fétide, mais sans reconnaître dans ce dernier sa composition véritable et sa teneur en phosphate de chaux.

1 MÉMOIRE SUR LES PHOSPHATES NOIRS DES PYRÉNÉES

Découverte de ces phosphates. — La plupart des fermiers du pays, qui sont maintenant de grands consommateurs de ce phosphate noir et qui, à ce titre, en connaissent parfaitement la nature et les propriétés, l'avaient pris jusqu'à ces derniers temps pour du charbon, ou plutôt pour une indication de charbon. Cette opinion était basée sur ce que ces matières, mises dans un feu de forge, y prennent quelques signes de combustion. Ce qu'il y a de curieux, c'est que, dès 1887, le même Dr Safford avait fait analyser à la Vanderbilt University un nodule de la couche, qui lui avait donné 69 p. 100 de phosphate tribasique de chaux. Il ne fut donné aucune suite à la découverte de ce fait; ce n'est qu'en 1893 que MM. Craik et Arnold, de Columbia, mirent en évidence un lit de nodules de 0^m,45 d'épaisseur, avec une teneur de 65 p. 100 de phosphate. Vers la même époque, c'est-à-dire en Novembre 1893, M. R.-W. Childs, de Linden, envoya à l'analyse, à Nashville, un certain nombre d'échantillons de roches, parmi lesquels ce soi-disant charbon, qu'il voulait, une fois de plus, faire essayer comme combustible. L'analyse de M. J.-C. Warton démontra que c'était du phosphate en roche mélangé de matières organiques. Ce fut le signal de la prise de possession des terrains et du commencement de l'exploitation en grand.

Caractères des phosphates du Tennessee. — Les nodules sont, en général, sphériques ou légèrement aplatis suivant le plan de schistosité. L'intérieur d'un nodule frais présente une structure finement granulaire, de couleur grise ou brun foncé. Ils se décolorent assez rapidement au contact de l'air, et la décomposition s'opère par noyaux concentriques. On n'y trouve, en général, ni restes fossiles ni noyau central de concrétion. La puissance de la couche de nodules ne dépasse pas 30 centimètres.

Le phosphate en roche est toujours nettement séparé de la couche à nodules, qui est intercalée à la base des

schistes carbonifères, tandis que le phosphate en roche est dévonien ; il est sujet à des variations assez notables, tant dans son apparence que dans sa constitution. Le phosphate en roche est toujours de couleur foncée, souvent complètement noir et fréquemment coloré par des sels de fer provenant de la décomposition des pyrites. Sa texture est granuleuse ou compacte, cassante, et sa densité varie de 2,80 à 2,85.

Le phosphate en roche du Tennessee présente souvent un faciès oolithique et, parmi les grains de phosphate, on distingue facilement à la loupe un fossile très voisin du *Spirorbis amplilodes*, Dana, caractéristique du dévonien. Ce fossile est, en général, complètement phosphatisé. On y trouve aussi un grand nombre de *Lingula spatulata*, Hall. Ces dernières sont surtout fréquentes dans les parties gréseuses de la couche phosphatée.

Signalons enfin, dans les schistes noirs qui accompagnent la couche, de nombreux débris de plantes de la famille des Lycopodinéés.

Analyse du phosphate en roche du Tennessee. — Je donne, à titre de comparaison, deux analyses complètes du phosphate en roche du Tennessee.

Acide phosphorique.....	26.74	31.94
Oxyde de fer.....	2.32	6.92
Matières insolubles.....	6.40	13.90
Alumine.....	2.70	7.06
Chaux.	29.60	41.30
Soufre	0.00	4.00
Acide carbonique.....	0.00	1.50
Humidité.....	0.20	0.00

On voit qu'ils se distinguent par l'absence presque absolue d'acide carbonique et de chaux libre. Ils conviennent cependant à la transformation en superphosphate, sans addition de phosphates crayeux, et donnent, par le traitement à l'acide sulfurique, un superphosphate suffisam-

MOIRE SUR LES PHOSPHATES NOIRS DES PYRÉNÉES

éger, facile à sécher, ne s'agglomérant pas dans l'eau.

Je dois signaler enfin, dans le même ordre d'idées, la découverte d'un autre grand niveau phosphaté en, tout à fait comparable à celui du Tennessee, dans une autre région des États-Unis, dans l'Arkansas. Quelques renseignements sur ces nouveaux gisements qui ne sont pas encore développés, mais qui présentent toutefois certaines particularités qu'il est intéressant de faire connaître, ne fût-ce qu'à titre de complément en vue de mes conclusions, au point de vue géologique.

Phosphates de l'Arkansas. — Au cours des travaux de compilation de la Carte géologique de l'Arkansas, on a découvert que le terrain dévonien, représenté par un mince lambeau, entre la formation silurienne inférieure et le carbonifère moyen (ou Mississipien), contenait des phosphates faits comparables, tout au moins au point de vue minéralogique, à ceux du Tennessee. Cette découverte, qui date de 1896, est trop récente encore pour savoir si elle aura un intérêt économique. La formation s'étend sur une aire extrêmement vaste, entre Buffalo City au Nord et Marshall au Sud. Les terrains ont conservé dans cette région centrale leur position originelle en lits stratifiés horizontaux, découpés par les érosions superficielles, de sorte que les affleurements sont très multipliés sur les pentes et les coteaux.

John-B. Branner, de l'Université de Stanford (Californie), qui vient de publier une intéressante étude sur ces phosphates (*), les classe dans le dévonien, tout en reconnaissant que la limite entre ce terrain de la formation dévonienne qui le couronne en stratification concordante

phosphates deposits of Arkansas (Transactions of the American Society of Mining Engineers, vol. XXVI, 1896, p. 580 et suiv.).

n'est pas nettement tranchée. M. Branner adopte cette classification en s'appuyant sur des analogies stratigraphiques, car il n'admet pas comme caractéristique la présence des fossiles signalés déjà dans le phosphate du Tennessee (*Lingula*, *Discina*, Crinoïdes), pour les classer sans contestation dans le dévonien supérieur.

Analyses. — Voici quelques analyses de ces phosphates :

	1	2	3	4	5	6
Acide phosphorique...	26.13	26.77	29.40	29.98	31.06	31.11
Equivalent en phosphate tribasique....	56.53	58.08	64.82	65.37	67.21	67.74
Fer et alumine	5.89	5.86	3.08	3.87	8.01	7.05

Ces échantillons proviennent de l'extrémité orientale du bassin phosphaté de l'Arkansas, actuellement reconnu, au voisinage de la vallée d'Hickory (Comté de l'Indépendance), à 12 milles au Nord-Est de Batesville.

M. Hopkins a signalé, d'autre part, cette formation dans de nombreuses localités comprises dans les Sections 14 Nord-Ouest N^{os} 12, 11, 10, 9, 8. Il a constaté aussi la présence des nodules noirs au-dessus des phosphates en roche. Ces derniers, comme dans le Tennessee, ne dépassent guère 0^m,80 à 1 mètre d'épaisseur. Cette puissance paraît d'ailleurs varier beaucoup suivant les localités.

Géologie. — Les nodules sont localisés dans le grès de Sylvamore, situé au-dessus du niveau contenant le phosphate en roche et à une certaine distance de ce dernier. Ce caractère rapproche complètement ces phosphates de ceux du Tennessee, dans lesquels j'ai déjà fait ressortir cette séparation entre les nodules et la couche exploitée de phosphate.

Voici, d'ailleurs, l'échelle de la succession des terrains de l'Arkansas.

24 MÉMOIRE SUR LES PHOSPHATES NOIRS DES PYRÉNÉES

		Mètres.
Carbonifère inférieur ou Mississipien	Groupe de Boston (schistes, calcaires). Puissance.....	220
	Grès de Batesville.....	66
	Ardoises de Fayesville.....	100
	Calcaire et marnes de Bône.	115
Dévonien Niveau phosphaté	Grès de Sylamore (nodules)....	33
	Schiste d'Eureka (phosphate en roche).....	16
Silurien inférieur	Marbre de Saint-Clair.....	50
	Calcaire d'Izard	90
	Grès, dolomies, etc.....	600

J'ai tenu à entrer dans quelques détails au sujet de ces phosphates de l'Arkansas, bien que leur valeur industrielle ne soit pas encore mise en évidence d'une manière certaine. Je me trouvais dans la même situation en 1895, lorsque j'attirais l'attention sur la région presque inconnue du Tennessee, dans ma précédente étude, parue dans cette même publication (*). Ces phosphates ont aujourd'hui leur place faite, même sur les marchés d'Europe.

Déjà des estimations de prix de revient, faites par des personnes compétentes, donnent à penser que le phosphate en roche de l'Arkansas pourra être amené à Saint-Louis, *via* Cushman, aux environs de 20 fr. 55 (4 dollars) la tonne. Voici comment s'établit ce prix :

	Francs.
Abatage, boisage.....	5.16
Concassage.....	1.30
Transport et embarquement.....	2.60
Fret pour Saint-Louis.....	11.54
TOTAL.....	20.65

Résumé. — On voit combien les caractères particuliers des phosphates du Tennessee et de l'Arkansas les rap-

(*) D. LEVAT, *Étude sur l'industrie des phosphates et superphosphates* (*Annales des Mines*, 9^e série, t. VII, 1895, p. 5 et suiv.).

prochent de ceux qui font l'objet de cette étude : même horizon géologique, au passage du terrain dévonien aux schistes carbonifériens, même mélange de phosphate avec une proportion élevée de matières carbonées d'origine organique. La seule différence dans le mode de gisement tient à ce que, dans le Tennessee, les nodules forment une couche assez mince complètement séparée du phosphate en roche ; ce dernier est d'ailleurs seul exploité, la couche à nodules ayant une épaisseur moyenne insuffisante (0^m,20 à 0^m,30 au maximum) pour se prêter à une exploitation rémunératrice.

Le phosphate en roche lui-même ne dépasse guère une puissance totale de 0^m,80 à 1 mètre dans les meilleurs endroits.

Nous verrons au contraire que, dans les Pyrénées, nodules et phosphates noirs sont réunis dans un seul et même gisement pour former une couche unique, d'une puissance très supérieure à celle qui est considérée comme normale dans le Tennessee, du moins sur un grand nombre de points et notamment dans les travaux souterrains de la mine de Las Cabesses, dont on trouvera une description détaillée dans la quatrième partie de ce Mémoire.

Il était, je crois, utile de mettre en parallèle, comme je viens de le faire, les deux grands niveaux phosphatés dévoniens, des Pyrénées et des États-Unis. Leurs caractères communs sont maintenant connus. Ainsi se trouve comblée la prétendue lacune que j'ai signalée au début de cette étude, au point de vue de l'existence de niveaux phosphatés réguliers dans le terrain dévonien.

II

NATURE DES PHOSPHATES DES PYRÉNÉES.

phosphates noirs. — Les phosphates des Pyrénées se présentent sous la forme d'une roche noire, d'aspect schisteux ou feuilleté, brillante, tachant fortement les doigts en noir et se délitant fréquemment suivant surfaces courbes. C'est ce dernier caractère qui les rend analogues aux schistes noirs, ampéliteux ou charbonneux, qui se trouvent dans le silurien supérieur des Pyrénées. Cette ressemblance a causé et cause encore de nombreuses erreurs, quoique, ainsi que je l'ai dit précédemment, les phosphates se trouvent à la partie supérieure du Devonien et, par conséquent, séparés nettement du Silurien. Mais on sait combien sont fréquents, dans la chaîne des Pyrénées, les plissements qui ont affecté les schistes de transition, et ces plissements se sont souvent produits par des phénomènes de transgression inverse et de chevauchements imbriqués des couches anciennes sur des terrains plus récents. Il n'y a donc rien d'étonnant à ce qu'on puisse confondre, en certains points, les phosphates avec les schistes noirs charbonneux du silurien, et nous en verrons plusieurs exemples au cours de cette étude. Il y a aussi dans le trias, à la partie supérieure des schistes irisés, une couche de houille impure chargée de pyrite et de rognons de pyrite, qui vient aussi reposer sur le Devonien, dans les endroits où les terrains intermédiaires, houiller, permien, font défaut ou n'affleurent pas. Il y a encore là une cause d'erreur qu'il importe de signaler.

Le phosphate noir qui ne contient pas ou peu de pyrite, comme celui du Roc Manaudas, par exemple, a une dureté très variable, suivant sa composition chimique.

dont il est parlé plus loin. En principe, la dureté est proportionnelle à la teneur en silice de l'échantillon. Elle est maxima dans la « lydite » ou phtanite, véritable quartz fumé, mélangé de phosphate de chaux, qui se présente comme partie intégrante de la couche sur un grand nombre de points. Lorsque le faciès schisteux prédomine, le phosphate a naturellement une teneur plus élevée en alumine, mais sa dureté est moins grande et la matière perd ses formes contournées, ses surfaces concentriques imbriquées à la façon des écailles d'un oignon, pour prendre l'aspect d'un schiste noir ordinaire.

En réalité, ces formes imbriquées courbes ne sont autre chose qu'une manifestation ou, tout au moins, une tendance à la forme noduleuse, un passage du phosphate noir sans nodules que je viens de décrire au phosphate à nodules qui constitue l'ensemble des zones riches de l'Ariège et du Salat.

Des phosphates à nodules. — Ces phosphates sont caractérisés, en effet, par la présence, dans la roche phosphatée, d'une quantité de nodules qui forment, dans certains points, le tiers ou la moitié du volume total de la couche. Entre ces nodules, la gangue phosphatée épouse la forme des centres de précipitation qui ont constitué les nodules, de sorte que l'ensemble présente un aspect analogue à celui de la *fig. 1*, Pl. I.

Dans le faciès schisteux de ces mêmes formations, les nodules sont alignés parallèlement à la stratification générale. Les schistes sont noirs, luisants ; ils tachent aussi les doigts en noir, mais moins fortement que le phosphate en roche proprement dit (Pl. I, *fig. 2*).

Nous verrons plus loin, à propos de la composition chimique de ces phosphates, les différences de teneur qui correspondent à ces diverses particularités des gisements. Elles ont leur importance, car elles servent de base à

MÉMOIRE SUR LES PHOSPHATES NOIRS DES PYRÉNÉES

préciation de la richesse en phosphate et au triage. Il y aura lieu de faire, dans certains cas, pour atteindre teneurs qu'il est nécessaire de garantir pour la vente.

Phosphate quartzeux. — *Lydite avec nodules aplatis.* — Dans toute la région de l'Ariège, la couche phosphatée est accompagnée d'une façon constante par une roche particulière, formée en majeure partie de quartz compact, à surface cornée écailleuse, de couleur noire, contenant une multitude de nodules ou, plus exactement, d'amandes très riches en phosphate de chaux, qui tranchent par leur couleur claire, surtout après exposition aux agents atmosphériques, sur la teinte noire de la lydite ou phthanite qui constitue la gangue de ces amandes. Ces intrusions lenticulaires ont, en général, 15 à 20 millimètres d'épaisseur et 10 centimètres de longueur. Leur plan diamétral est toujours celui de la stratification de la couche.

Les *fig. 3, 4 et 5* de la Pl. I donnent une idée de la particularité intéressante des gisements de l'Ariège. La lydite étant, comme on le comprend aisément, extrêmement résistante aux agents d'érosion, forme, en général, une crête à la surface du sol et constitue un relief excellent pour la projection. C'est toujours par des fissures de cette lydite, enchâssant les amandes blanches caractéristiques, qu'on est averti, même en l'absence de tout affleurement en place, de la proximité du contact phosphaté dévonien.

La lydite participe aussi à la forme noduleuse, dans son ensemble, c'est-à-dire qu'indépendamment des amandes de phosphate qu'elle contient elle affecte la forme courbe, à écailles imbriquées, que j'ai déjà signalée dans le phosphate schisteux et en roche. La *fig. 3*, Pl. I, donne une idée de cette particularité. Dans ces conditions, la lydite tend à former l'enveloppe extérieure de noyaux phosphatés, ce que le montre la *fig. 12* de la Pl. I.

MÉMOIRE SUR LES PHOSPHATES NOIRS DES PYRÉNÉES

Cette dernière constatation est intéressante, puisqu'elle démontre que la formation des nodules ou amas a été antérieure à la concentration de l'ensemble de la masse, qui n'a eu lieu qu'après que la précipitation des phosphates autour de centres locaux avait déjà effectuée (*).

Des nodules. — Les nodules contenus dans les phosphates noirs des Pyrénées sont tout à fait caractéristiques. Leur grosseur varie depuis celle d'une noix jusqu'à celle du poing ; la dimension la plus commune est celle d'un œuf de dinde. Je ne parle, bien entendu, des nodules compacts, concrétionnés ; car on peut considérer certaines parties du phosphate noir lui-même comme constituant d'énormes nodules formés d'une agglomération de couches concentriques autour d'un noyau central. J'ai isolé un de ces gros nodules, enrobé de des couches successives de phosphate, ayant la forme d'un ellipsoïde régulier, qui pèse 43 kilogrammes et qui a 0^m,540 de longueur de grand axe avec un diamètre de 0^m,33 (N° 15 bis de la collection de l'École des Mines).

Les nodules sont formés d'une pâte, assez homogène de couleur grise ; on y distingue fréquemment les zones concentriques de dépôt du phosphate. On trouve souvent au centre, un débris de fossile ou un petit cristal de pyrite de fer qui a servi de point de départ. Mais ce n'est pas le cas général. Même lorsque la structure zonée n'est visible sur un échantillon frais, provenant de parties qui n'ont jamais été exposées à l'action des agents atmosphériques, elle apparaît dans les nodules à moitié dé-

(*) Les figures qui accompagnent le texte ont été prises sur les échantillons qui forment la collection (N° 2202) des phosphates noirs des Pyrénées que j'ai offerte à l'École des Mines de Paris. Les numéros entre parenthèses placés au-dessous de la légende de chaque figure rapportent au numéro que porte l'échantillon lui-même dans la collection de l'École des Mines.

30 MÉMOIRE SUR LES PHOSPHATES NOIRS DES PYRÉNÉES

posés qui ont ~~été~~ longtemps exposés à l'air. Ils se délitent alors suivant leurs zones d'accroissement tantôt en conservant au centre une partie ~~intacte~~, tantôt au contraire ils se vident, conservant une croûte ~~extérieure~~ solide. On trouve souvent, dans les nodules encastrés dans le rocher et exposés à l'air, la partie centrale transformée en un sable gris clair ou même tout à fait blanc, qui est constitué par du phosphate tribasique pur. C'est probablement à des phénomènes de décomposition secondaires et relativement récents de ce genre, que sont dues les concrétions mamelonnées et translucides qui avaient été analysées par M. Damour et dont j'ai parlé plus haut.

J'ai trouvé moi-même, moulé dans un creux laissé dans un bloc de phosphate noir, un nodule tendre constitué par un résidu sableux gris blanchâtre, que M. Ad. Carnot, Inspecteur général des Mines, Directeur du Laboratoire de l'École des Mines, a bien voulu analyser.

Voici les chiffres qu'il m'a obligeamment communiqués :

Eau et matières organiques.....	6.52
Insoluble dans l'acide.....	12.80
Acide phosphorique.....	31.98
Chaux.....	42.12
Magnésie.....	0.18
Alumine et oxyde de fer.....	3.25
Fluor.....	2.81
	<hr/>
	99.66

Près de la surface, les fentes qui séparent les blocs de roche phosphatée sont tapissées de wavellite et de phosphates divers, qui donnent à la roche des irisations multiples. Ce fait n'a d'ailleurs rien d'étonnant, quand on songe que le phosphate noir contient une forte proportion de matières organiques qui, en se décomposant à l'air, donnent naissance à de l'acide carbonique qui agit en solution dans l'eau, comme un puissant dissolvant du phosphate de chaux.

Dans les parties tendres, schisteuses, de la couche, les nodules ont souvent conservé leur forme initiale parfaitement sphérique ; toutefois ce n'est pas le cas général. C'est sous forme d'ellipsoïdes aplatis présentant même une sorte de ligne de suture sur leur méridien principal que se rencontrent ces matières. Aussi ces nodules, simplement séparés de la gangue phosphatée qui les enrobe, par un criblage à la pelle sur une claie, ressemblent à s'y méprendre à ces agglomérés ovoïdes, faits avec des charbons maigres, qui sont maintenant d'un usage si courant pour le chauffage domestique.

Il est à remarquer que l'aplatissement des nodules est d'autant plus marqué que la matière qui les entoure est elle-même plus résistante. On ne trouve guère de nodules sphériques intacts que dans les portions schisteuses de la couche. Dans le phosphate noir, les nodules sont presque toujours aplatis, ellipsoïdaux et même déformés, mais ne forment pas d'amandes. Enfin, dans les phtanites (lydites), ils sont réduits, comme je l'ai dit plus haut, à l'état lenticulaire, avec une épaisseur qui ne dépasse pas, en moyenne, 1 à 2 centimètres.

Dans l'un ou l'autre de ces cas, la séparation entre les nodules et la gangue qui les entoure est toujours très nette. Ainsi que nous allons le voir, cette gangue est elle-même phosphatée, et c'est là un caractère qui différencie nettement les nodules de phosphate noir des Pyrénées, de ceux du gault et des grès verts ou des *coquins* de l'Argonne, dont la gangue est stérile ; mais la différence de teneur des deux éléments, nodules et ciment qui les relie est telle, que la concentration de l'élément phosphore dans les nodules, est des plus tranchées.

On voit pour conclure cet exposé, que les caractères des phosphates noirs des Pyrénées sont, comme je l'ai déjà fait remarquer à la fin de l'exposé historique, absolument identiques à ceux du Tennessee, à tel point que la des-

MOIRE SUR LES PHOSPHATES NOIRS DES PYRÉNÉES

n que j'ai donnée de ceux-ci, d'après les auteurs
ains, pourrait être pour ainsi dire calquée sur la
e. La seule différence à relever tient à la puissance
ement et au mode de dépôt des nodules. Tandis que
e Tennessee la couche à nodules, inexploitée d'ail-
du gisement atteint rarement plus d'un pied d'épais-
t reste constamment séparée du phosphate en roche,
es Pyrénées les nodules se rencontrent indistinct-
t dans toute la masse, avec une puissance moyenne
teint fréquemment plus de 10 mètres.

sité. — La densité des diverses qualités de phosphate
es Pyrénées est donnée dans le tableau suivant :

NATURE DES ÉCHANTILLONS	DENSITÉ	OBSERVATIONS
phate noir (Roc Manaudas).....	2.57	38 p. 100 de carbone
— Bois de Larrassiette.....	2.35	
— La Bastide (chantier de l'Arize).....	2.33	
phate schisteux (Larrassiette).....	2.17	
— La Bastide (l'Arize).....	2.61	
— Las Cabesses.....	2.78	
le pure (gisement de la Bastide)....	2.45	
le avec amandes —.....	2.52	
— (Celles Saint-Antoine).....	2.52	
le frais (Las Cabesses).....	2.78	
— (chantier de l'Arize).....	2.91	
iles décomposés en surface (Cazalas).....	1.97	
ndes de la lydite (Cazalas).....	2.56	

ination. — Calciné à l'air, le phosphate noir laisse
sidu blanc, gris ou brun rouge, suivant la propor-
e fer qu'il contient. Voici un tableau qui donne la
de poids à la calcination d'un certain nombre
ntillons de diverses provenances.

nismes, qu'il faut chercher l'explication de l'existence des bancs de phtanite, qui caractérisent certaines portions de gisement de phosphates de l'Ariège, et, en général, la teneur élevée en silice de ces phosphates. »

III

COMPOSITION DES PHOSPHATES NOIRS.

Je vais donner d'abord les résultats des analyses assez nombreuses que j'ai exécutées moi-même ou fait exécuter sur les phosphates noirs des Pyrénées, au point de vue de leur teneur en éléments essentiels et communs à peu près à tous les phosphates minéraux, à savoir : acide phosphorique, chaux, silice, fer et alumine, fluor, eau combinée et d'humectation.

Je donnerai ensuite des indications sur les autres éléments fertilisants qu'ils contiennent, notamment sur leur teneur en azote, en matières organiques et en potasse, qui, dans des proportions variables, se trouvent dans tous ces phosphates. A ce point de vue seul, ils mériteraient déjà une mention spéciale.

Acide phosphorique. — La principale difficulté pour l'estimation dans un gisement déterminé de cet élément d'importance capitale est que l'examen physique du minerai abattu ne renseigne que très imparfaitement sur la teneur probable en acide phosphorique de la matière. J'ai, en effet, expliqué plus haut que l'ensemble de la formation phosphatée est constitué par des matières noires, charbonneuses, d'apparence à peu près uniforme, quand elles sont mises en tas et salies par la poussière noire du chantier. D'autre part, comme nous allons le voir, la teneur en acide phosphorique des diverses portions constituant le gisement est assez variable. Comment, dans ces con-

ditions, opérer avec sécurité le triage des matières à basse teneur, de manière à pouvoir garantir, dans les produits extraits des chantiers, une teneur déterminée, sans être obligé d'analyser pour ainsi dire chaque wagon?

Remarquons d'abord que, si le triage du phosphate abattu et mélangé de poussière n'est pas pratique, l'aspect du phosphate en place, dans le gîte, permet d'avoir, *a priori*, des indications assez précises sur la teneur probable du tout-venant. J'ai expliqué précédemment, en effet, que les bonnes teneurs correspondent aux parties du gisement qui présentent l'aspect contourné précurseur de la formation noduleuse. Même en l'absence des nodules proprement dits, cette allure de la couche annonce une teneur voisine de 14 à 16 p. 100 d'acide phosphorique, chiffre convenable pour l'emploi direct en agriculture. Nous verrons plus loin que c'est dans ce mode d'application que les gisements privés de nodules, doivent trouver leur emploi le plus efficace et le plus rémunérateur.

Un chantier de ce genre est à peu près assuré de pouvoir donner une teneur régulière, car je n'ai commencé à trouver des teneurs moyennes inférieures à 12 p. 100 que lorsque j'ai analysé les matières ayant, dans la couche, l'aspect et l'allure de schistes charbonneux noirs ordinaires. Comme on le verra, ces schistes tiennent de 6 à 10 p. 100 d'acide phosphorique. Ils ne peuvent donc être mélangés impunément avec les phosphates noirs, d'aspect contourné, car ils risquent de compromettre le titre définitif du produit extrait.

Il y a donc, comme on le voit, une question de délimitation, dans la couche de phosphate noir en place, des parties à prendre d'avec celles à laisser. Ce triage présentera d'autant plus d'aléa que le gisement sera plus pauvre en nodules. Lorsqu'on ne disposera, en effet, que de phosphate noir en lamelles contournées et des schistes

phosphatés noirs, la ligne de séparation des deux qualités n'étant généralement pas nette, on pourra se trouver embarrassé pour le choix des parties à prendre et à laisser. Dans ces conditions, une exploitation serait exposée à des déconvenues sur la teneur de ses produits, si elle n'avait pas en réserve des chantiers riches pour améliorer ses teneurs faibles.

Enrichissement. — Triage. — Criblage. — Quant à l'enrichissement par moyens mécaniques, la description que j'ai donnée plus haut de ces phosphates noirs, suffit pour fixer les idées. Il n'y a aucun résultat à attendre du lavage de ces matières. Leur triage à la main n'est pas possible non plus. Seul, le criblage des nodules, dans les gisements qui en contiennent, constitue une opération simple et efficace pour séparer ces matières riches.

Je dois ajouter cependant qu'il arrivera avec ces matières nouvelles ce qui se présente avec certains minerais difficiles à distinguer de leurs gangues, comme les minerais de fer schisteux dans les schistes siluriens, les calamines pauvres dans les calcaires, etc. Le personnel ouvrier finit par saisir des caractères qui échappent aux personnes non initiées, et il n'est pas possible encore d'être initié aux particularités des gisements de phosphate noir des Pyrénées, puisque leur découverte ne date que de quelques mois et que je suis, jusqu'à présent, la seule personne qui ait pu les étudier d'une façon un peu approfondie.

Débourbage. — Je dois cependant signaler quelques essais que j'ai faits en vue de débarrasser les phosphates noirs et même les phosphates schisteux de leurs parties légères, ampélitieuses, par simple broyage et débourbage dans un courant d'eau. La plupart de ces phosphates réduits en poudre au tamis 80, se présentent sous forme d'une poussière brune plus ou moins foncée, tachant fortement les doigts. Mise en suspension dans

38 MÉMOIRE SUR LES PHOSPHATES NOIRS DES PYRÉNÉES

Voici une série d'analyses instructives à cet égard :

NUMÉROS DES ÉCHANTILLONS	1	2	3	4	5	6	7
Teneur en acide phosphorique	32.25	35.45	28.75	32.50	31.28	28.10	29.22
Équivalent en phosphate tribasique	70.30	77.28	62.67	70.85	68.19	61.26	63.69

NUMÉROS DES ÉCHANTILLONS	8	9	10	11	12	13	14
Teneur en acide phosphorique.	29.17	28.4	29.5	30.01	28.11	29.40	32.15
Équivalent en phosphate tribasique..	63.59	61.91	64.31	65.40	61.27	63.09	70.10

Les analyses 1, 2, 3, 7, ont été faites sur des nodules de Las Cabesses (chantier du niveau 114) (Analyses de M. Campredon, chimiste-essayeur à Saint-Nazaire).

Les nos 3, 4 et 6 : Nodules de surface pris à la Bastide-de-Sérou (Analyses de M. le Dr Carles, Professeur à la Faculté de Médecine et à l'Ecole de Pharmacie de Bordeaux).

Les nos 8 à 11 : Nodules oxydés de surface, gisement de Cazalas.....

Les nos 12 et 13 : Nodules oxydés de surface, gisement de Celles-Saint-Antoine.....

Le n° 14 : Amande oxydée de surface, provenant de la lydite de Cazalas.....

} Analyses
de
M. Levat.

On conçoit que des matières aussi riches sont, à elles seules, susceptibles d'une exploitation rémunératrice, pour peu qu'elles constituent une portion appréciable de la masse et que les épaisseurs du gisement soient suffisantes. Nous verrons plus loin que ces conditions sont amplement remplies dans l'Ariège.

La teneur en fer et en alumine de ces nodules est aussi comprise dans les limites exigées pour la vente facile des phosphates destinés à la fabrication des superphosphates. Je donne plus loin des chiffres qui fixeront les idées à ce point de vue. Le débouché normal de ces produits est donc absolument assuré, et ce, pour des quantités

pratiquement illimitées, non seulement chez les fabricants de superphosphates de la région du Sud-Ouest, mais aussi à l'étranger, en exportant par Bordeaux et Bayonne.

De la garantie des teneurs. — Mais la valeur principale de ces nodules réside moins, à mes yeux, dans la possibilité de leur vente directe aux fabriques de superphosphates que dans la faculté qu'ils donneront d'écouler des phosphates noirs pauvres, pour l'emploi direct après mouture. En un mot, ces matières doivent jouer, dans l'exploitation des phosphates noirs, le rôle de volant, de *régulateur de la teneur*, donnant ainsi à l'exploitation toute sécurité quant à la richesse en acide phosphorique à garantir dans les phosphates moulus destinés à la vente aux agriculteurs.

On sait que la vente des phosphates et plus généralement des engrais destinés à la culture est régie par une législation spéciale destinée à éviter les abus qui se sont produits pendant longtemps aux dépens des cultivateurs et surtout des petits cultivateurs, qui étaient dans l'impossibilité de se livrer à aucune espèce de vérification des teneurs en matières fertilisantes annoncées par les vendeurs. C'est là une des causes qui ont jeté sur les engrais chimiques un discrédit dont cette industrie souffre encore et qui a reculé de vingt ans les progrès agricoles basés sur leur emploi.

Grâce d'une part, au développement des syndicats agricoles, d'autre part, à la multiplication des laboratoires agronomiques dont sont munis tous les départements, on a introduit de l'ordre dans ce commerce, et ces mesures de salubrité commerciale ont contribué, pour une large part, au développement, si désirable à tous les points de vue et heureusement bien réel à présent, de l'emploi des phosphates en agriculture. Cette parenthèse était nécessaire pour expliquer l'importance qui s'attache dans les affaires de phosphate, à pouvoir garantir d'une manière absolue la

teneur en acide phosphorique des matières mises en vente. La facture garantissant la teneur accompagne la marchandise jusque chez le cultivateur, et toute erreur en moins dans le titre expose à des difficultés graves. C'est pour cette raison que les phosphates ne se vendent pas, comme les autres matières minérales, au titre réel, mais par types successifs 12/14, 14/16, 16/18, etc. En fait, on paiera au même prix un phosphate contenant 14 p. 100 ou 15,99 p. 100 d'acide phosphorique.

Conclusion. — On arrive donc à cette conclusion que les gisements de phosphate noir des Pyrénées ont une valeur d'autant plus grande que la proportion des nodules contenus sera plus élevée ; et ce, je le répète, non pas uniquement à cause de la vente assurée, à bon prix, de ces matières séparées simplement par criblage, mais surtout à cause de la garantie qu'elles donnent que, grâce à leur appoint, il sera toujours possible d'amener avec certitude les parties exploitables des gisements, c'est-à-dire les phosphates noirs, et même, dans bien des cas, les schistes imprégnés de phosphate, à la teneur exigée par le commerce ou par la clientèle.

Les gisements qui réunissent ces conditions sont fréquents tout le long de la grande bande de terrain dévonien comprise entre Foix et Saint-Girons. Nous les examinerons avec quelques détails dans la quatrième partie de cette étude.

Voici maintenant un tableau dans lequel j'ai réuni un certain nombre d'analyses pour acide phosphorique d'un assez grand nombre d'échantillons pris dans diverses localités des Pyrénées, soit dans la couche phosphatée quand je l'ai trouvée, soit dans les formations de schistes noirs ou de calcschistes qui en tenaient lieu au contact de la griotte et des schistes sus-jacents.

42 MÉMOIRE SUR LES PHOSPHATES NOIRS DES PYRÉNÉES

une poudre dans laquelle les grains de phosphate non pulvérisés se séparent assez aisément des particules noires plus légères par simple lévigation.

C'est ainsi qu'en opérant au laboratoire avec une batée à or comme appareil de débourbage et d'élimination des fines, je suis arrivé au résultat suivant :

Schiste noir luisant, enrobant des nodules de phosphate de chaux de la grosseur d'un œuf (nodules séparés par criblage) :

Teneur avant lavage	41.70
Résidu après lavage et lévigation.....	14.10

A la loupe on distingue nettement les grains, analogues à ceux d'une craie grise de Ciply, quoique plus foncés.

Les schistes qui ne contiennent pas de nodules visibles à l'œil ne m'ont pas donné d'enrichissement sensible, par lévigation ; mais, au contraire, un appauvrissement. J'ai relaté précédemment l'expérience (Voir p. 36). Il faut, pour pouvoir compter sur un enrichissement par ce moyen, qu'il y ait eu concentration préalable du phosphate en petits grains ; et cette concentration dans la masse est mise en évidence par l'existence de nodules plus ou moins gros, mais toujours visibles à première vue dans la formation.

On réussit plus aisément la lévigation en calcinant au préalable les matières phosphatées, de manière à les débarrasser de la matière organique. Les grains de phosphate restent intacts, si la calcination n'a pas été trop prolongée, tandis que les parties schisteuses se délitent aisément dans l'eau.

Chaux. — Les phosphates noirs des Pyrénées ne font généralement pas effervescence avec les acides. Ils ne contiennent donc qu'exceptionnellement du carbonate de chaux. Leur teneur en chaux dépend, par conséquent, en

MÉMOIRE SUR LES PHOSPHATES NOIRS

grande partie de la quantité de phosphore qu'ils contiennent.

Voici quelques analyses qui fixent le

NUMÉROS DES ÉCHANTILLONS	NODULES		
	1	2	3
Teneur en acide phosphorique	32.25	35.45	29.22
Teneur en chaux	46.40	49.60	42.20

1 et 2 : Analyses de M. Campredon

3 et 5 — de M. le professeur

4, 6 et 7 — de M. Levat.

Silice. — Les phosphates noirs ont une teneur en silice qui varie considérablement suivant la provenance, depuis la silice presque pure dans les nodules jusqu'à 5 à 6 p. 100 dans certains nodules. C'est un élément inerte qui ne joue qu'un rôle accessoire dans l'emploi direct que dans la fabrication des superphosphates.

Fer et alumine. — Il n'en est pas de même pour le fer et l'alumine. Il est démontré aujourd'hui que le phosphore combiné avec ces bases est beaucoup plus assimilable par les végétaux que le phosphate de chaux. C'est en grande partie une question d'état moléculaire primitif. C'est moins vrai que, pour la fabrication des superphosphates, les usages commerciaux font redouter une teneur élevée en fer et en alumine produite par la présence des bases. Les fabricants exigent une faible teneur en fer et en alumine dans les phosphates qu'ils achètent pour former en superphosphates.

44 MÉMOIRE SUR LES PHOSPHATES NOIRS DES PYRÉNÉES

Voici quelques analyses qui donnent un aperçu des teneurs en fer et en alumine des phosphates noirs des Pyrénées :

NUMÉROS DES ÉCHANTILLONS	MODULES			PHOSPHATE NOIR		
	1	2	3	4	5	6
Teneur en fer.....	0.95	0.40	1.20	1.49	9.10	1.40
— alumine....	0.83			1.00		1.45
TOTAL.....	1.78	0.40	1.20	2.49	9.10	2.85

1, 2 et 4 : Analyses de M. le professeur Carles (provenance : Las Cabesses);

3 et 6 : Analyses de M. Levat (provenance : la Bastide);

5 : Analyses de M. le professeur Auriol, de Genève (provenance : Roc Manaudas).

Fluor. — M. Carnot, Inspecteur général des Mines, Directeur du Bureau des Essais de l'École des Mines de Paris, a bien voulu se charger de la partie de l'étude des phosphates des Pyrénées, relative à leur teneur en fluor.

Le résultat de ses analyses a été conforme aux prévisions que ses travaux antérieurs désormais classiques, parus dans les *Annales des Mines* sous sa signature, permettaient de prévoir (*).

La publication de ces travaux a fait faire un grand pas à la théorie de la formation des gisements de phosphates, tant concrétionnés que sédimentaires, en démontrant que la formation de l'apatite ou fluo-phosphate de chaux est un fait normal, corrélatif du dépôt des phosphates de

(*) AD. CARNOT, *Recherches sur la composition générale et la teneur en fluor des os modernes et des os fossiles* (*Annales des Mines*, 9^e série, t. III, p. 155 et suivantes).

MÉMOIRE SUR LES PHOSPHATES NOIRS DES PYRÉNÉES

chaux dans les eaux salées et chargées de matières organiques. La fluoration des phosphates sédimentaires avoir été dans certains cas, comme en Floride par exemple poussée au-delà de la teneur en fluor des apatites, de manière qu'elle peut être restée au-dessous du chiffre normal mais ces variations sont toujours assez faibles.

Pour les phosphates noirs des Pyrénées, la loi se vérifie d'une manière presque mathématique.

Voici, en effet, les analyses complètes de deux nodules l'un (n° 1 du tableau) provient du chantier de l'Alouette l'autre (n° 2) est un nodule décomposé tendre, ramassé à la surface du sol, à Cazalas.

Analyse complète de deux nodules :

corps dosés	n° 1	n° 2
Eau et matières organiques	8.36	6.82
Insoluble dans l'acide	13.85	12.80
Acide phosphorique	30.52	31.98
Chaux	40.10	42.12
Magnésie	0.25	0.18
Alumine et oxyde de fer	4.10	3.25
Fluor	2.70	2.81
	99.88	99.66

Les nodules répondent, comme on le voit, *exactement* à la composition normale de l'apatite. En calculant en effet, le fluor d'après l'acide phosphorique (c'est-à-dire en divisant par 11,21 les nombres trouvés pour l'acide phosphorique), on obtient 2,72 et 2,81. Il est difficile de trouver une identité plus complète. M. Carnot a trouvé, d'autre part, dans les phosphates noirs du Tennessee, dont il a fait aussi l'étude au point de vue du corps qui nous occupe, une teneur en fluor notablement supérieure à celle qu'on donne le calcul basé sur l'apatite normale, ce qui sup

l'existence, dans le minéral, d'une quantité notable de fluorure de calcium en dehors du composé fluo-phosphaté correspondant à l'apatite (*).

Eau et humidité. — Le phosphate noir, en nodules ou tout-venant, ne contient pas d'eau de combinaison; l'humidité varie naturellement avec la nature physique des produits et l'état d'assèchement du chantier. L'humidité dans les phosphates schisteux, exploités au niveau 114 dans la mine de Las Cabesses, est d'environ 10 p. 100 à la sortie de la mine. Après séchage à l'air, cette teneur s'abaisse à 4 ou 5 p. 100.

Il faudra néanmoins faire un séchage préalable pour opérer convenablement la mouture et éviter les engorgements dans les meules; mais cette opération, n'ayant à éliminer que de l'eau imbibant superficiellement la matière, ne présentera aucune des difficultés qui accompagnent le séchage des phosphates crayeux du Nord de la France et de l'Algérie, qui sont de véritables éponges, exigeant un lavage et un séchage dispendieux pour arriver au degré de dessiccation exigé par les acheteurs.

Matières organiques. — On doit s'attendre, avec des pertes par calcination, aussi élevées que celles que j'ai signalées dans mon tableau de la page 32, étant donné surtout que les phosphates noirs ne contiennent ni eau combinée ni acide carbonique, à y trouver une proportion élevée de matières organiques, ou, pour parler plus exactement, de matières carbonées plus ou moins hydrogénées, de houille en un mot. L'aspect seul de la matière, sa densité, la couleur noire de la poussière, permettent de s'y attendre.

(*) AD. CARNOT, *Sur les variations observées dans la composition des phosphates* (*Annales des Mines*, 9^e série, t. X, p. 180).

48 MÉMOIRE SUR LES PHOSPHATES NOIRS DES PYRÉNÉES

NUMÉROS DES ÉCHANTILLONS	PHOSPHATE NOIR					NODULES	
	1	2	3	4	5	6	7
PhO^3CaO	27.34	38.30	28.75	21.82	12.27	61.26	70.30
Mat. organiques..	29.69	27.92	29.08	16.90	28.86	8.68	6.40

1 : Analyse de M. Émile Aubin, chimiste de la Société des Agriculteurs de France (provenance : Roc Manaudas) ;

2 : Analyse de M. Lebrun, professeur d'Agriculture à Lembeye (provenance : Roc Manaudas) ;

3 : Analyse de M. Henri Auriol, professeur d'Agriculture à Genève (provenance : Roc Manaudas) ;

6 : Analyse de M. le professeur Carles (provenance : Las Cases) ;

4 et 7 : Analyse de M. Levat (provenance : La Bastide) ;

5 : Analyse de M. Levat (provenance : chantier Larrassiette) (Lescun).

Les schistes luisants contiennent, en moyenne, de 12 à 13 p. 100 de matières organiques; enfin j'ai déjà dit que la lydite pure ne donne qu'une perte insignifiante de 2 p. 100 à la calcination.

Azote. — Pour compléter l'examen des principaux éléments constitutifs des phosphates noirs, il me reste à parler de la présence constante de l'azote dans ces matières. La teneur est assez régulière et comparable, somme toute, à celle des houilles ordinaires; c'est dire qu'elle ne dépassera guère 5 à 6 millièmes. Je dois dire cependant que M. Lebrun, Professeur d'Agriculture à Lembeye (Basses-Pyrénées), a trouvé, dans un échantillon provenant du gisement du Roc Manaudas (commune d'Accous), une teneur exceptionnellement élevée de 1,77 p. 100, soit 17^{ms},70 d'azote par tonne (résultat de deux analyses concordantes). Je n'ai pas pu retrouver d'analyse comparable, même de loin, au résultat annoncé par ce chimiste.

MÉMOIRE SUR LES PHOSPHATES NOIRS DES PYRÉNÉES

Voici un tableau donnant les teneurs en azote obtenues avec des échantillons, non choisis, de phosphate noir

NUMÉROS DES ÉCHANTILLONS	PHOSPHATE NOIR				MODÈLE
	1	2	3	4	5
Teneur en acide phosphorique p. 100.....	17.59	17.92	13.19	30.52	28.10
Teneur en azote (pour 1.000).	2.90	3.40	5.85	1.00	2.80

1 et 2 : Analyses de M. E. Aubin (provenance : Roc Manaud)
 3 : — M. Henri Auriol (gisement du bois de Lescun);

4 : Analyse de M. Ad. Carnot (chantier de l'Arize);

5 : Analyse de M. le professeur Carles (Las Cabasses).

Les échantillons pris à la surface du sol ne donnent des traces d'azote. Il faut, pour obtenir la teneur réelle de cet élément, opérer sur des échantillons qui n'aient été soumis à l'influence oxydante et prolongée des agents atmosphériques.

L'azote, dans ces matières, se trouve entièrement à l'état d'azote organique. La recherche de l'azote nitrique a été faite à plusieurs reprises; elle a toujours donné un résultat absolument négatif.

Potasse. — Je citerai enfin, comme dernier élément intéressant, la présence de la potasse dans les phosphates noirs. Elle s'y trouve, pour la majeure partie, à l'état insoluble et, par conséquent, d'une assimilabilité douteuse tout au moins très lente par les végétaux. Toutefois on constate que certains échantillons ont donné une proportion assez notable de potasse soluble dans l'eau.

Voici les chiffres :

MOIRE SUR LES PHOSPHATES NOIRS DES PYRÉNÉES

ÉCHANTILLONS	PHOSPHATE NOIR				NODULES
	1	2	3	4	5
totale					
soluble dans	0.43 0.0096	2.88 0.50	1.69 0.30	1.06 non dosé	0.55 0.20
P. soluble P. totale	2.20 p. 100	17 p. 100	17 p. 100	»	36 p. 100

notasse que renferment les nodules est, comme l'indiquent les chiffres de ce tableau, à peu près deux fois plus soluble dans l'eau que celle du phosphate en roche.

analyse complète. — Voici, pour résumer ce qui précède, réunies en un seul tableau comparatif diverses analyses complètes des phosphates noirs des Pyrénées.

CORPS DOSÉS	PHOSPHATE NOIR		NODULES	
	1	2	3	4
.....	46.22	43.19	29.22	28.40
matières insolubles ..	45.55	38.69	14.60	non dosé
.....	26	7.23	42.20	33.26
.....	1.49		0.95	
.....	1.00	9.40	0.83	0.40
aque,	0.052	0.585	non dosé	0.28
.....	0.43	1.06	—	0.55
soluble dans HO)	0.0096	non dosé	—	0.20
matières organiques	5.058	29.08	8.68	non dosé
.....	4.25	1.65	»	»

IV

DESCRIPTION DES GISEMENTS.

Je décrirai successivement, en allant de l'Ouest à l'Est, les gisements successifs de phosphates noirs que j'ai reconnus ou découverts dans le courant de l'été et de l'automne de 1898.

Gisements de la vallée d'Aspe (Basses-Pyrénées). — *Géologie.* — Le terrain dévonien supérieur représenté surtout par son étage griottique affleure en deux endroits dans la vallée d'Aspe, à savoir : en premier lieu, près d'Urdo, dans la vallée du Gave d'Aspe proprement dit, et ensuite entre Lescun et Lhers dans la vallée du Gave de Lescun et de ses affluents, les ruisseaux de Labadie et de Labrenère.

Les phosphates n'ont été reconnus jusqu'ici que sur ce dernier pointement.

Les crêtes élevées qui séparent les deux vallées sont formées de calcaires crétacés, qui reposent en stratification discordante sur les terrains de transition. C'est probablement la raison qui a pu faire croire à l'âge crétacé des phosphates d'Accous.

Le plan d'ensemble de cette formation et la coupe transversale du bassin sont donnés à la Pl. I, *fig.* 13 et 14.

L'angle formé par le cours du ruisseau de Labadie, premier affluent de droite du Gave de Lescun, et ce dernier cours d'eau, est couronné par une sorte de plateau élevé qui porte le nom de plateau de Lhers, du nom du hameau qui l'occupe. A l'extrémité Sud de ce plateau, à 200 mètres environ au Sud de la ferme de Garcet, se dresse, à 60 mètres au-dessus du niveau du plateau, un piton formé par un anticlinal aigu de calcaire dévo-

nien qui passe, vers son extrémité méridionale, sous la montagne de Las Gourgues, formée de schistes houillers, montagne dont le versant Sud fait partie du bassin du ruisseau de Labrenère, autre affluent de droite du Gave de Lescun.

Gisements du Roc Manaudas. — Ce piton porte dans le pays le nom de Roc Manaudas. C'est grâce à cet anticlinal que la couche phosphatée se trouve mise en évidence sur le flanc du Roc Manaudas, et c'est grâce à ce soulèvement remarquable, signalé par tous les géologues qui ont écrit sur la région, qu'on a pu tenter quelques recherches sur cette couche, recherches qui, comme je l'ai dit dans l'historique qui précède, avaient pour objet la découverte de l'anhracite ou de la houille.

Ce qu'il y a de plus curieux dans ce gisement phosphaté, le premier qui ait été reconnu en date, c'est qu'il constitue en réalité, comme on le verra plus loin, un accident dans la formation phosphatée qui se trouve, géologiquement parlant, au-dessus et par conséquent en dehors du calcaire dévonien ou griotte, au contact de ce calcaire et des schistes sus-jacents et non au sein de ces calcaires eux-mêmes. Ce n'est que dans les régions plissées, tourmentées, que le phosphate a été injecté dans les plissements calcaires. Nous en verrons des exemples tout à fait probants dans les coupes que je donne pour Las Cabesses. Le Roc Manaudas est, en un mot, une forme accidentelle du gisement normal des phosphates noirs des Pyrénées.

C'est là un point important à bien élucider; car le gisement du Roc Manaudas, s'il était seul connu, tendrait à donner une notion inexacte du niveau phosphaté et à faire diriger les recherches pour retrouver le prolongement du niveau, non pas sur le contact des schistes, mais au sein même du calcaire.

La coupe en travers Est-Ouest de la vallée a permis

MÉMOIRE SUR LES PHOSPHATES NOIRS DES PYRÉNÉES

de reconnaître le gisement sur l'autre versant de la vallée de Lescun, derrière le village de Lescun, où le gisement se trouve bien dans sa disposition normale au contact entre schiste et calcaire.

On a ainsi la coupe générale de la vallée de Lescun représentée *fig. 13*, Pl. I, qui complète la coupe analogue du Roc Manaudas donnée par M. Seunes, dans son ouvrage déjà cité.

Le calcaire de Roc Manaudas n'a pas l'aspect caractéristique de la griotte franche. C'est un calcaire gris cassure esquilleuse, parfois amygdalin, surtout au voisinage de la couche phosphatée. Au toit de cette dernière se trouve un banc épais de 0^m,20 environ, pétri de fossilifères.

J'y ai trouvé notamment le *Spirifer Verneuili* et des articles d'encrines par masses compactes, ce qui caractérise le dévonien supérieur. Le faciès griottique du calcaire dévonien supérieur, si caractéristique dans toute la partie orientale des Pyrénées, fait d'ailleurs défaut dans toute la région occidentale. Il ne se manifeste guère qu'à l'Est méridien de Montrejeau.

La puissance de la couche phosphatée de Roc Manaudas ne dépasse pas 1 mètre à 1^m,50. La nature du minerai de phosphate noir contourné avec de très rares nodules de petites dimensions. L'analyse de ces matières a été donnée précédemment.

Au-delà du ruisseau de Labrenère, la couche phosphatée prend plus de régularité et plus d'épaisseur. Elle rapproche aussi de son gisement normal, entre schiste et calcaire, et au lieu dit bois de Larrassiette, les schistes se trouvent au pied de l'escarpement sur lequel un chantier a été ouvert dans le phosphate. Ces schistes alternent dans cette région avec des bancs de grès résistants, qui forment, en face du chantier en question, une pyramide aiguille pointue, qui se voit depuis le village de Lescun.

RECHERCHES SUR LES PHOSPHATES NOIRS DES PYRÉNÉES

onné la coupe de ce gisement dans ma Note au
le Nantes.

ent du bois de Larrassiette. — Le phosphate de
te se présente sur une épaisseur de plus de
. Il ne contient pas de nodules et appartient
schisteux rubanné. Je n'y ai pas trouvé de fos-

antier est situé à 5 kilomètres en ligne directe
ent du Gave de Lescun avec le Gave d'Aspe.

utre rive du Gave de Lescun, en face par consé-
s deux affleurements que je viens de décrire, on
ouvrir un chantier sur la couche phosphatée, au con-
schistes et des calcaires dévoniens. C'est le seul
parmi tous ceux qui ont été entamés jusqu'ici dans
le Lescun, où les nodules se présentent en quantité
de, environ 5 p. 100 du volume de la masse. Une
été ouverte pour faire une reconnaissance dans
r et voir si la teneur s'améliore. Ce chantier est
dessus de la route carrossable qui s'élève par des
multiples depuis le pont du Rey, moulin installé sur
inférieur du Gave de Lescun, à 1 kilomètre envi-
on confluent, jusqu'au village de Lescun, situé à
ètres au-dessus du niveau de la mer. C'est aussi
moyenne des divers chantiers que je viens de pas-
vue.

é. — On voit, en résumé, que les phosphates dits
ou de Lescun dépendent d'un grand synclinal
e la vallée de Lescun, qui s'ouvre en s'évasant
sud. La formation schisteuse qui couvre la partie
de ce bassin est recouverte par les terrains
dont font partie les hauts sommets de la Matche,
'Anie, etc.

s de transport. — La voie naturelle par laquelle
phates trouveront leur débouché est la vallée
par laquelle doit passer le chemin de fer projeté

entre l'Espagne et la France par le col d'Urdos (tunnel de Canfranc). La première section de cette ligne, actuellement soumise aux études, va d'Oloron à Accous (28 kilomètres). De ce village au confluent du Gave de Lescun on compte 5 kilomètres. Enfin les gisements se trouvent dans un rayon variant de 3 à 4 kilomètres, en ligne directe, de ce dernier point, ce qui les met, en définitive, à 32 ou 35 kilomètres de la gare d'Oloron, avec une route présentant, sur certains parcours, des contre-pentes assez prononcées, bien que dans son ensemble elle suive la pente générale de la vallée d'Aspe. Les différences de niveau considérables — plusieurs centaines de mètres — entre les affleurements de phosphate et la route, faciliteraient l'établissement de transport par câbles aériens automoteurs ou par plans inclinés.

Autres affleurements carbonifères. — On retrouve le calcaire dévonien dans la vallée du Gave d'Aspe, depuis Urdos jusqu'au col au-dessous duquel est projeté le tunnel de la future voie franco-espagnole. Il est formé dans cette région par une série de calcaires noirs alternant avec des grès et des schistes noirs ardoisiers. Le niveau phosphaté n'y apparaît pas, caché probablement par les terrains supérieurs.

M. Seunes cite cependant un bombement du dinantien au Nord des bains de Labérourat, formé de schistes et de calcaires amygdalins contenant à la base un lit de schistes charbonneux. Ce point n'a jusqu'ici été l'objet d'aucun travail de recherche.

Vallée des Eaux-Bonnes. — J'ai reçu de cette vallée un échantillon noir argileux, contenant des quantités insignifiantes d'acide phosphorique (moins de 2 p. 100). Le gisement est à peu de distance de Laruns, au contact de la griotte. Il n'a été fait, vu la faible teneur de l'échantillon, aucun travail de reconnaissance.

Vallées de la Garonne et de Luchon (Haute-Garonne). — La griotte donnant lieu, dans toute la région de Saint-Béat, Martignac, Cierp, etc., au confluent de la Garonne et du Gave descendant de Luchon, à des exploitations importantes de marbre, je me suis empressé d'aller examiner le contact entre cette formation et les schistes sus-jacents.

Le gisement classique de Cierp, qui forme un grand anticlinal visible depuis le chemin de fer, comprend plusieurs assises concentriques de griotte. La couche extérieure est formée d'un calcaire compact, blanc, maculé de rouge; la griotte d'un rouge vif, qui est l'objet principal de l'exploitation, reste au centre du pli.

Le grès rouge, considéré comme triasique, recouvre le pli vers le Nord. Cependant, dans les éboulis du contact, on constate la présence d'une assise très mince de schistes argileux gris bleuâtre et d'un grès à grains fins, s'écaillant par plaquettes, qui forme le terme de passage.

Le dévonien supérieur est beaucoup plus développé dans le Val d'Aran; mais il est composé aussi de schistes bleuâtres et de grès.

Un peu au-dessus de Marignac, il existe une dolomie roussâtre dévonienne, couronnant la griotte et cachée en majeure partie par les éboulis de grès rouge et des poudingues qui se sont formés aux dépens de ce grès.

En résumé, dans la région considérée on passe directement de la griotte aux grès rouges, et les points où le terme de passage entre ces deux formations est resté visible ne montre que des schistes bleuâtres et des grès, sans traces de couche phosphatée.

La présence de la couche à nodules dans ce mince témoin schisteux, entre griotte et grès rouge, avait été signalée dès 1865, par M. Hébert.

Ce géologue a recueilli en effet, à Cierp, « au-dessus

« des calcaires à goniatites du dévonien supérieur, des
« *nodules noirs paraissant appartenir à des fruits*. Ces
« nodules se trouvent dans un lit mince, servant de base
« aux grès rouges de cette localité (*) ».

Gisements de Saint-Girons à la Bastide-de-Sérou et à Foix (Ariège). — *Situation.* — Je donne (Pl. II, *fig.* 1) un plan général, à l'échelle de $\frac{1}{220.000}$, de la longue bande de terrain dévonien qui s'étend sans interruption depuis Saint-Girons jusqu'aux environs de Foix, au col de Bouich, où elle est arrêtée par le grand massif granitique de la Bargillière, pour reprendre ensuite de l'autre côté de l'Ariège, aux environs de Saint-Antoine et de Celles, formant ainsi deux bassins allongés, séparés l'un de l'autre par l'Ariège. J'ai découvert les phosphates dans l'une et l'autre de ces formations.

Comme disposition générale, je dirai que cette bande dévonienne Saint-Girons-Foix, aussi bien que celle de Saint-Antoine, ont l'ensemble de leur direction orienté suivant une ligne Est-Ouest; qu'elles s'appuient toutes deux, au Sud, sur les schistes siluriens qui forment les contreforts de la chaîne centrale des Pyrénées dans cette région et que leur bord septentrional est recouvert par des terrains secondaires, le Trias en général.

Géologie. — La géologie de cette région a été l'objet de travaux assez nombreux. Elle est intéressante à plusieurs titres. D'abord la multiplicité des terrains d'âges très divers qu'on rencontre sur des espaces relativement restreints, rend nécessaire, pour éviter les confusions, une étude attentive des formations souvent très réduites comme épaisseur, qui peuvent représenter cependant tout un étage géologique. Ensuite cette région est certaine-

(*) B. S. G. F., 2^e série, t. XXIII, année 1865-1866, p. 304.

ment une des plus minéralisées et des plus intéressantes de toutes les Pyrénées françaises.

On sait, en effet, que des mines de fer et de plomb y ont été exploitées de temps immémorial. Des découvertes récentes et heureuses sont venues attirer l'attention sur cette région. En 1890, M. Seguélas a découvert le gisement de carbonate de manganèse de Las Cabesses près Rimont, unique dans son genre, activement exploité depuis cette époque, donnant, après calcination, un minerai d'une pureté exceptionnelle, et très pauvre en silice, qui commande les prix les plus élevés sur la cote de ce métal. Ce gisement se trouve dans la griotte, presque au contact des schistes à phosphate, comme on le verra d'après la coupe que je donne plus loin. Enfin on vient de concéder récemment une mine de cuivre gris très argentifère à Alezen, dont les chantiers, poussés à l'heure actuelle à 70 mètres au-dessous de la surface du sol, donnent des minerais tenant jusqu'à 5 et 7 kilogrammes d'argent à la tonne de minerai.

Travaux géologiques sur la région. — Le premier travail complet sur cette intéressante région a été publié en 1885 par M. Mussy (*), qui, dans son *Texte explicatif de la Carte géologique et minéralogique de l'Ariège*, s'exprime comme suit au sujet des schistes qui recouvrent la griotte entre Foix et Saint-Girons.

« *Environs de la Bastide-de-Sérou.* — Au méridien de
« Berny et Montredon, les calcaires dévonien avec bancs
« intercalés de schistes violacés ferrugineux reposent en
« stratification régulière sur les schistes siluriens et sup-
« portent, sous un angle de 40 à 45°, les schistes terreux
« supérieurs qui, à leur tour, plongent nettement sous les
« assises des grès du trias.

(*) Mussy, Ingénieur en Chef des Mines, *Carte géologique et minéralogique de l'Ariège, avec texte explicatif*. Foix, 1885.

« Plus loin, vers Bardies, en se rapprochant de
 « l'Arize, *les schistes terreux augmentent d'épaisseur*
 « (c'est l'emplacement actuel du grand chantier de
 « l'Arize); vers leur contact avec les grès bigarrés ils
 « *deviennent siliceux* (c'est la phthanite à amandes) et
 « enclavent quelques magmas ophitiques très quartzeux;
 « leur pendage, au centre de la formation, oscille autour
 « de la verticale.

« Sur la rive gauche de l'Arize, au méridien de
 « Guinou et Nesars, *les schistes terreux sont toujours*
 « *puissants*. Leur contact avec les grès bigarrés se fait
 « par des terres rougeâtres ferrugineuses et plonge au
 « Nord de 70°; au delà, sur le coteau, les schistes sont
 « presque verticaux; vers l'Est près l'Arize, entre les
 « grès et ces derniers, règne sur plus de 100 mètres une
 « assise de 1^m,50 de *couches terreuses et charbonneuses*
 « *avec indices légers de charbon*.

« En remontant l'Arize, vers Méras, entre les assises
 « inférieures des schistes terreux et les calcaires dévo-
 « niens, sont des *terres charbonneuses assez épaisses*, qui
 « s'étendent sur la rive droite de la rivière et à quelques
 « mètres au dessus.

« Plus loin, vers Larbont, les schistes terreux sont
 « déposés dans un pli des ondulations dévoniennes, comme
 « l'indique le pendage en sens inverse des assises à leurs
 « deux extrémités. »

M. Mussy, qu'un séjour prolongé dans la région avait
 familiarisé avec les terrains très variés qui la couvrent,
 avait parfaitement reconnu, dès cette époque, que cette
 formation schisteuse se prolongeait au-delà de Larbont,
 du côté de Rimont.

« Au-delà de Tournay, dit-il, la bande dévonnaie
 « Nord disparaît, et tous les hauts coteaux et profonds
 « vallons de Rimont, désignés sous le nom de Serre-de-
 « Mouréou, sont constitués par *les schistes terreux, qui*

« prennent une puissance énorme et affleurent vers
 « Supéry sur plus de 3 kilomètres, en reposant au Sud
 « sur les calcaires dévoniens de Riverenert et supportant
 « au Nord jusqu'au bord du Salat, en contact direct, les
 « couches gréseuses et argileuses du trias; ces schistes
 « forment toute la masse des hauts coteaux d'Eychenne,
 « élevés de plus de 900 mètres entre les vallons de Rivere-
 « nert et du Baup, et vont se terminer sur les bords du
 « Salat, à Monpla, en amont de Saint-Girons. »

La conclusion de cette étude était que ces « schistes noirs » occupaient dans l'Ariège la place du terrain houiller. La présence des nodules n'était pas signalée.

A la fin de 1883, M. J. Roussel signalait dans ces schistes le *Productus giganteus*, et M. le Prof. L. Lortet confirmait peu après, par une Note en date du 4 Août 1884, que les schistes de Larbont appartenaient au houiller inférieur. Il traçait, à ce propos, dans un petit ouvrage devenu rare(*) un contour très exact du dévonien et du carbonifère, non seulement entre Saint-Girons et Foix, mais encore au Sud-Ouest de cette ville, entre Saint-Antoine et Freychenet. Dans ce dernier bassin, M. Mussy avait attribué au houiller des schistes noirs siluriens, erreur qui, comme je l'ai signalé dès le début de ce Mémoire, est aisément explicable.

Les contacts entre dévonien et schistes carbonifères ont été, grâce à ces deux géologues, déterminés d'une manière à peu près complète, et je n'ai eu à relever, dans le travail de M. Roussel, que ces différences d'ordre secondaire dans la forme de ces contacts. Ce sont ces contours, rectifiés sur le terrain, que je donne à la Pl. II, fig. 1, où j'ai figuré à l'échelle de $\frac{1}{220.000}$ les divers

(*) J. ROUSSEL, *le Dévonien et le Carbonifère de Larbont et de Saint-Antoine*, 1 vol. in-8°. Foix, Avril 1885.

affleurements dévoniens et carbonifères qui contiennent les phosphates.

M. Roussel attribue les *schistes carburés* de Larbont, ainsi que ceux d'Esplat, du Coch et du pic d'Eychenne à l'Est, au carbonifère. On y trouve, dit-il, en abondance, des *Productus giganteus*, des *Spirifer*, des Encrines, des Polypiers et *quelquefois de la houille*.

« Vers Castelnau-Durban, ajoute M. Roussel, existent
« des *schistes carburés et fossilifères*, que M. Mussy rap-
« porte au carbonifère (j'ai, en effet, cité précédemment
« ce passage); mais, à Larbont, je les ai retrouvés sous
« une couche de calcaire à *Atrypa* et à *Spirifer*; ils
« appartiennent donc au dévonien inférieur.

M. Roussel a été, on le voit, induit en erreur sur ce point par suite de la reproduction exacte du phénomène déjà signalé au Roc Manaudas et que je vais signaler aussi à la mine de Las Cabesses, à savoir des intrusions lenticulaires de phosphate noir dans les anticlinaux et dans les fractures de la griotte.

Voici maintenant une description rapide de la forme qu'affectent les contacts du dévonien avec les terrains encaissants. Je donnerai ensuite la position du niveau phosphaté dans le périmètre considéré.

J'ai dit déjà que, en thèse générale, le dévonien repose par son bord Sud sur les schistes siluriens et est recouvert, sur son bord Nord, par des terrains secondaires; trias et permien pour la bande Saint-Girons-Foix; trias seulement pour le bassin de Saint-Antoine.

Dévonien de Saint-Girons à Foix. — Il forme une longue bande de 26 kilomètres de longueur, à partir du Salat, sur la rive gauche duquel il se prolonge encore pendant 2 à 3 kilomètres vers l'Ouest. De l'autre côté, à l'Est, il s'arrête à 1.800 mètres environ avant d'arriver au village de Saint-Martin-de-Caralp. La largeur maxima

de cet affleurement, en face de Castelnau-de-Durban, atteint 4 kilomètres.

Sur tout ce parcours, le dévonien forme deux îlots de dimensions très différentes, séparés par les schistes, attribués par les auteurs susnommés au Carbonifère.

La bande principale règne sur toute la partie Sud, en s'appuyant constamment sur le silurien. Son bord antérieur forme une sorte de golfe profond au Sud de Cazalas, revient vers l'Ouest jusqu'à la ferme dite de Sarrat, pousse de là une ramification nouvelle vers le Nord et revient ensuite dans une direction à peu près rectiligne Ouest-Est, passe au Nord d'Esplat, au Sud du château de Larbont et aboutit enfin au pied de l'escarpement dévonien qui porte la chapelle d'Alzen.

L'autre pointement forme une bande étroite entre les deux ruisseaux de l'Artillac et de l'Arize. Le bord septentrional de cette bande est recouvert par le trias et le permien. Sa largeur ne dépasse pas 8 à 900 mètres.

Dévonien de Celles et de Saint-Antoine. — Le dévonien de Celles et de Saint-Antoine, qui est loin de présenter un développement comparable à celui du groupe précédent, forme d'abord un petit pointement sans importance au village même de Saint-Antoine. Son autre affleurement, beaucoup plus important, s'étend dans la direction Est-Ouest, depuis le col de Rouy jusqu'à Montségur et Taoulat, pénétrant ainsi dans la vallée du Lossel, ce qui lui donne une longueur d'environ 13 kilomètres sur une largeur maxima qui atteint 3 kilomètres au méridien de Freychenet, pour se réduire à 600 mètres environ, un peu plus loin, au col de La Lauze. Comme le précédent, il repose au Sud sur les schistes siluriens et est recouvert au Nord par le trias.

Description du niveau phosphaté. — La description du niveau phosphaté, étant donné que sa position géolo-

MÉMOIRE SUR LES PHOSPHATES NOIRS DES PYRÉNÉES

gique au contact du calcaire griotte et des schistes bonifères est désormais connue, n'est autre que le contact de ces schistes avec le dévonien, dans les couches de cette dernière formation.

Les schistes ne dépassent pas le Salat. Entre la rivière et Grabious, village situé sur le versant de la chaîne de montagne dont le pic d'Eychenne est le sommet culminant (altitude : 919 mètres), le contact est formé par des schistes stériles et des dolomies.

Gisement de Grabious. — A Grabious où des travaux dépendant de la concession de manganèse de Las Cabasses sont en activité, on exploite, comme dans le gîte principal, des lentilles de carbonate de manganèse dans la griotte. Les travaux ont rencontré, à peu de distance de l'entrée principale, la couche à nodules qui affleure, d'ailleurs, sur le contact, visible à la surface même du sol, à peu de distance en amont des gîtes d'exploitation, dans le ravin. Il n'a été encore fait nulle part point aucun travail de reconnaissance.

A partir de Grabious jusqu'à la mine proprement dite de Las Cabasses, on suit aisément, sur le versant opposé au seuil du Nert (rive droite), l'affleurement de la griotte reconnaissable aux nombreux nodules de phosphate chaux épars sur le sol et dans les champs. Au village des Granges, une excavation montre de très nombreux nodules en place dans une terre jaunâtre résultant de la décomposition superficielle de la couche. La distance qui sépare Grabious de la mine de Las Cabasses est de 1.800 mètres environ, jalonnée de nodules sur tout le parcours.

Gisement de Las Cabasses. — La mine de Las Cabasses est, avec les gîtes de Caunes et d'Argut, la seule en France où, à ma connaissance, on exploite d'une manière

suivie et depuis un certain nombre d'années, des minerais de carbonate de manganèse(*).

Coupe générale des terrains. — Dans son ensemble, la coupe générale du terrain, suivant une ligne Nord-Sud, présente, à Las Cabesses, la succession suivante (Voir Pl. II, *fig. 2*) :

I. *Terrain silurien.* — Schistes et calcaires noirâtres, plus ou moins ardoisiers. Épaisseur indéterminée ;

II. *Terrain dévonien.* — 1° Étage inférieur : Calcaires en bancs moyennement épais, accidentés par quelques lits schisteux ; la couleur des calcaires est ordinairement grise ; leur texture est amorphe, et leur structure a une tendance schisteuse. Épaisseur, 200 à 300 mètres ;

2° Étage moyen : Alternances irrégulières de talcschistes et de calcschistes. Vers la base, les talcschistes dominant ; ils sont gris, violacés ou verdâtres, et leur structure est le plus souvent feuilletée ; à la partie supérieure, la proportion des calcschistes augmente, et l'étage tend à devenir nettement calcaire au sommet : Épaisseur 250 mètres environ ;

3° Étage supérieur : Calcaires en bancs épais ou en masses compactes désignés dans le pays sous le nom de *griotte* ; les bancs se rattachent à deux variétés principales : la griotte tendre est un calcaire marmoréen à structure subcristalline, sa couleur est grise ou rose, son aspect est souvent amygdaloïde, et la pâte se jasse alors de rose sur fond gris ; la griotte dure est un calcaire

(*) Production, de 1891 à 1898, de la mine de Las Cabesses en minerai marchand, en majeure partie grillé, contenant à l'état brut, non grillé, de 40 à 45 0/0 de manganèse métal :

1891	3.950 ^T	1894	22.255 ^T	1897	25.047 ^T
1892	16.148	1895	24.160	1898	16.837
1893	30.305	1896	26.578	(6 mois)	

ordinaire, parfois gréseux et jaune, mais généralement gris ou noir, souvent jaspé et se marbrant alors de blanc sur gris, ou de gris sur fond noir. Épaisseur moyenne : 150 à 200 mètres.

III. *Terrain houiller*. — Schistes micacés et gréseux en bancs d'épaisseur variable, de couleur grise ou jaunâtre. Épaisseur indéterminée.

Le silurien se montre nettement au Tuc d'Abères ; le dévonien moyen aux abords du hameau de Lauch, le dévonien inférieur au-dessous du village d'Abères ; enfin la griotte et les schistes houillers se présentent aux affleurements de la mine de Las Cabesses.

Le terrain silurien repose sur un massif puissant de granite et de gneiss, qui émerge à 2 ou 3 kilomètres au Sud du Nert, parallèlement à son cours, et les trois formations affleurent par leur tranche, à travers la concession, suivant une direction générale à peu près Est-Ouest : le silurien sur la rive gauche du Nert, le houiller sur les crêtes de la rive droite, le dévonien sur le revers de la même rive et dans le fond de la vallée.

Toutes plongent d'ailleurs, dans leur ensemble, vers le Nord, et leur pendage, très relevé dans la région Est de la concession, se radoucit notablement dans la région Ouest.

Géologie minière. — La concession n'a été jusqu'à ce jour exploitée qu'à Las Cabesses et à Grabious.

Gîte de Las Cabesses. — Le gîte de Las Cabesses affleure à flanc de montagne, sur la rive droite du ruisseau du Rougé, à 180 mètres environ au-dessus du fond du ravin. Du pied au sommet du revers apparaissent successivement le dévonien inférieur, le dévonien moyen, la griotte et les schistes houillers ; les bancs de griotte ont une direction Nord magnétique 75° Ouest, et l'ensemble des terrains accuse une forte plongée vers le Nord.

Gisement de manganèse. — Le minerai émerge dans un puissant massif de griotte tendre, au voisinage immédiat de la ligne de contact superficiel du dévonien et du houiller. L'affleurement était connu de longue date, et il a été le siège des premiers travaux; une exploitation importante s'y est développée, et le gîte a été déjà suivi sur près de 130 mètres en verticale. La tête du gîte était formée de minerais oxydés; mais les carbonates les ont rapidement remplacés : à 20 mètres de profondeur, ceux-ci dominaient déjà; au dessous, les oxydés n'ont plus été qu'accidentels; mais il a été rencontré, presque jusqu'au niveau actuel de fond, des quantités importantes de carbonatés spathiques, noirs ou bruns, renfermant une proportion de manganèse métallique plus considérable que celle qui correspond à la composition du carbonate de protoxyde, qui paraissent constituées par un mélange intime d'oxydes de manganèse et de carbonates.

Les carbonates se présentent sous les aspects les plus divers, mais abstraction faite de variétés exceptionnellement concentrées dans le voisinage immédiat de quelques rares veines d'argile noire dont le massif de griotte est irrégulièrement sillonné, les principaux types de minerais peuvent être empiriquement séries comme il suit :

Minerais oxydés	{	compacts et noirs : 55 p. 100 de métal		
		avec noyau carbonaté : 50 p. 100	—	
Carbonatés spathiques	{	noirâtres	45	p. 100 de métal
		violacés	40	— —
Carbonatés marmoréens	{	grisâtres	25	— —
		clairs	15	— —

Ces types n'ont d'ailleurs rien d'absolu, et les diverses variétés passent fréquemment de l'une à l'autre.

Les minerais paraissent disséminés dans la griotte à l'aventure; mais, en réalité, toute masse de minerai est subordonnée à un groupe de diaclases : tantôt les carbo-

natés sont limités de toutes parts par les diaclases, et en pareil cas la minéralisation est relativement uniforme et disparaît brusquement sur les fissures limites; tantôt au contraire les diaclases ne forment qu'une partie des limites de la masse, et alors la minéralisation, après avoir présenté un maximum au contact des fissures limites, va progressivement en diminuant, et il y a passage insensible du minerai au marbre. Il n'y a donc aucune analogie entre ce mode de répartition des carbonatés et celui qui résulterait de la formation préalable d'une cavité, grotte ou fracture, à épontes plus ou moins nettes, suivies d'un remplissage métallifère; des dépôts de ce dernier genre existent d'ailleurs à Las Cabesses, mais ils ne sont qu'accidentels, se trouvent concentrés sur les affleurements, ne contiennent que des oxydés et n'ont qu'une importance fort secondaire.

Minerai, griotte et diaclase sont indifféremment traversés par des veinûles de spath calcaire, dont l'épaisseur ne dépasse jamais quelques centimètres et, au massif, le spath fait parfois place à la diallagite rose. Au voisinage du minerai, la griotte est parfois saupoudrée de fins cristaux de pyrite de fer; enfin les carbonatés renferment presque partout des traces d'or et d'argent et, à certains niveaux, l'analyse chimique a accusé 18 grammes d'or et 40 grammes d'argent à la tonne.

Les diaclases affectent des directions multiples et complexes; mais les orientations les plus fréquentes sont : tout d'abord, N. m. 70° O. et N. m. 30° O. ; ensuite E. O. m., et accessoirement leurs normales; les fissures d'un même système ont d'ailleurs tendance à se grouper, et il en résulte l'apparence de veines irrégulières dont la puissance peut atteindre 5 mètres et la longueur dépasser 50 mètres; le système N. m. 70° O. paraît dominer en amont, et le système N. m. 30° O. en aval.

Ces réseaux de fissures n'ont été, jusqu'à ce jour,

rencontrés que dans un massif de griotte tendre relativement peu étendu, et il résulte de leur enchevêtrement un faisceau réticulé complexe, mais nettement limité, dont l'axe idéal se couderait en élévation et en plan avec une tendance à une orientation moyenne Nord-Ouest magnétique et une plongée Nord. L'ensemble du gisement se présente finalement, d'après un rapport inédit de M. Vital, Ingénieur en chef des Mines, sur la mine de Las Cabesses (1896), auquel j'emprunte ces conclusions, comme une colonne de griotte riche, à section variable et à plongée irrégulière, dont la charpente manganésée serait pratiquement constituée par l'entrecroisement régulier d'un système de branche N. 70° O. dominant vers l'amont, avec un système de branches N. 30° O. dominant vers l'aval, et la minéralisation de la griotte a été assez abondante pour s'étendre, jusqu'au jour, sur près de 70 mètres de long sur 40 mètres de large, formant un affleurement de 2.800 mètres carrés de superficie.

C'est donc, comme manganèse carbonaté, un gîte d'une importance et d'une pureté exceptionnelle.

Couche de phosphate. — Le gisement étant ainsi nettement délimité par la griotte même, on avait, à plusieurs reprises, reconnu que le voisinage des schistes houillers stériles, s'annonçait par la présence du front de taille de schistes de couleur noire, contenant des nodules, qu'on désignait sous le nom de *couche graphiteuse*. Ce caractère était si nettement accusé qu'on arrêta immédiatement tous les travaux d'avancement vers le Nord, dès qu'on atteignait cette couche à nodules. Aux deux niveaux principaux aboutissant au jour, à savoir le niveau 52 (travers-banc Lafargette) et à la galerie Simon (niveau 114), on s'était arrêté à la couche graphiteuse, ou, pour mieux dire, à des intrusions de phosphate dans la griotte qui forme le mur du gisement.

C'est là que j'ai découvert l'existence de la couche phosphatée et que j'ai signalé la composition réelle de la couche graphiteuse aux exploitants de la mine, lors de ma première visite, en Août 1898.

La coupe d'ensemble de la mine de Las Cabesses (*fig. 3, Pl. II*) donne une idée de la disposition des travaux par rapport à la couche de phosphate. En général, comme je viens de l'expliquer, dès qu'on était prévenu, par l'apparition de la couche noire avec nodules, de la proximité des schistes carbonifères, on battait en retraite, puisqu'on était certain, grâce à la connaissance des conditions géologiques du gisement qu'on était arrivé à la limite de la griotte, dans laquelle est exclusivement concentré le minerai de manganèse. On n'avait donc jamais eu l'idée de chercher à traverser cette couche graphiteuse ni de reconnaître sa puissance et sa composition.

Reconnaissance de la couche phosphatée par les galeries de la mine. — Les galeries dirigées du côté du contact n'avaient même jamais atteint ce contact proprement dit. Avant d'y arriver, on rencontrait, en général, des intrusions de phosphate noir dans la griotte, qui annonçaient, sans qu'il fût besoin de pousser plus loin, qu'on était arrivé à la limite du champ exploitable. C'est ainsi qu'au niveau 52, par exemple, on avait arrêté la galerie à la rencontre d'une sorte de lentille de la couche graphiteuse dont la coupe (*fig. 3, Pl. II*) donne une idée. Aussitôt que j'eus fait connaître aux propriétaires de la mine la composition réelle des nodules, on poussa activement tant au niveau 52 (travers-banc Lafargette) qu'au niveau 114 (travers-banc Simon), le percement vers le contact.

Galerie du niveau 52. — La galerie du niveau 52, qui était la plus avancée vers ce contact, l'a rencontré fin Novembre 1898 et y a recoupé une couche de 8^m,90 de phosphate. La galerie du niveau 114 a rencontré la couche phosphatée dans les premiers jours de Janvier 1899.

Gisement de contact. — Il se présente dans la galerie avec une puissance de 8^m,90 de phosphate en roche avec nodules ; ces derniers entrant pour environ un tiers en volume dans la composition de la couche. Pendage du gîte : 60° au Nord.

Une prise d'essai moyenne, faite sur le phosphate tout-venant, *nodules déduits par un criblage préalable*, a donné 16 p. 100 d'acide phosphorique, correspondant à 35 p. 100 de phosphate tribasique. Les nodules donnent, comme on le sait, une teneur très régulière, variant de 60 à 65 p. 100 de phosphate tribasique.

Il est inutile d'insister sur l'importance de ce percement, qui a permis de confirmer très rapidement et, comme on le voit, par des travaux très simples, la persistance en profondeur de la puissance remarquable de la couche phosphatée, qu'on constate à la surface sur un grand nombre de points.

Schistes manganésés. — Il faut remarquer encore, avant de quitter le gîte de Las Cabesses, que les schistes encaissant la griotte métallifère sont, dans le voisinage des enrichissements en minerai de manganèse, fortement chargés eux-mêmes de ce métal, tandis que le minerai de manganèse, quoique très voisin on le voit de la couche de phosphate, est absolument indemne de l'élément nuisible, phosphore. La postériorité du remplissage manganésé est donc évidente.

Ces remarques auront leur intérêt dans l'exploitation souterraine des phosphates. La teneur en manganèse des schistes encaissants sera un guide précieux pour la recherche de ce métal dans la griotte voisine du contact que les travaux seront forcément appelés à suivre. C'est là une indication d'autant plus importante que, par leur mode même de formation, sur lequel j'ai donné plus haut quelques détails, les gisements de manganèse carbonaté de l'Ariège peuvent parfaitement exister sans qu'aucun affleu-

MÉMOIRE SUR LES PHOSPHATES
qui remment les signale à l'attention

Gisement des Courets. — A
suivant l'affleurement de la c
de la vallée du Nert dans cell
Baup, qui passe à Lescure.

Après un parcours de 900 m
au ravin encaissé de Terrenèr
dans lequel on découvre un
phosphate noir, qui traverse

M. Vital le décrit comme
cité (*) :

« Une seconde coupe inté
« être relevée au jour, sur l
« qui longent la rive gauche
« dans le ravin des Courets.

« Le contact du houiller et
« ment visible dans ce ravin
« houillers, semblent émerger
« zons de griotte tendre, le
« d'épaisseur, le second d'ur
« l'un de l'autre par des c
« gréseux analogues aux assi
« banc Lafargette. »

On constate encore, ici le c
phosphatée sur la griotte, qu
fois et qu'il convient de noter
mination de l'âge de ces phc
ment soit au dévonien, soit a

Si on considère, en effet, ce
accidents postérieurs à la for
culaires de phosphate dans la

(*) E. VITAL, Ingénieur en Chef de
carbonate de manganèse de Las Cab

cation au point de vue de leur contemporanéité, et on peut classer les phosphates, à la base de la série carbonifère, immédiatement au contact de la griotte, mais distincts de cette formation.

Si on considère, au contraire, que les gisements lenticulaires de phosphate dans la griotte accompagnent d'une manière normale et fréquente la partie supérieure de la griotte, qui se termine d'ailleurs par 5 à 6 mètres de griotte schisteuse, intermédiaire entre le banc griottique proprement dit et les schistes carbonifères, on peut rattacher les phosphates à la formation griottique et les classer à la partie supérieure du dévonien. C'est mon opinion personnelle ; elle est corroborée par la comparaison que j'ai faite avec le Tennessee, où la présence de fossiles dévoniens caractéristiques dans le phosphate ne laisse pas de doute sur leur véritable horizon. Dans tous les cas, le passage de la griotte aux schistes carbonifères se fait sans discordance, de sorte que la limite et l'absence de fossiles caractéristiques est plutôt une question d'appréciation personnelle et de comparaison avec des échelles connues qu'une question de fait.

L'affleurement de la couche dans le ravin des Courets mesure 11^m,50 de puissance. Les nodules sont plus nombreux au toit qu'au mur. La couche paraît presque verticale.

Synclinal de la Serre-de-Mouréou. — A partir du ravin des Courets, les affleurements se dirigent en ligne à peu près droite vers l'Ouest, traversent la rivière d'Artillac, passent à proximité des hauteurs de Sabon, s'infléchissent alors au Nord et viennent traverser une deuxième fois l'Artillac à l'Espiougue (Voir le plan, Pl. II, *fig.* 1). La couche se dirige à partir de ce point sur la ferme de Sarrat, où elle s'infléchit de nouveau vers le Nord, formant ainsi un vaste golfe de 5 kilomètres de profondeur sur 2.500 mètres d'ouverture, dans lequel s'élève la montagne

dite Serre-de-Mouréou, entièrement formée de schistes carbonifères, comme le Pic d'Eychenne.

Le dévonien forme donc un premier synclinal que j'appellerai synclinal de la Serre de Mouréou, qui donne lieu à deux contacts utiles entre schistes et griotte, et par conséquent à deux séries d'affleurement, en un mot à deux branches de la couche de phosphate. Les nodules se présentent surtout sur la branche Sud dont j'ai donné la description détaillée ; la branche Nord est stérile sur la majeure partie de son parcours.

Gisement de Sarrat. — A partir de la ferme de Sarrat, le dévonien forme un anticlinal, au sommet duquel est situé le village de Cazalas. Le contact phosphate se dessine suivant une courbe assez sinueuse, à cause d'un petit synclinal secondaire qui occasionne un nouvel angle rentrant, d'importance beaucoup moindre que celui de la Serre-de-Mouréou et dont le sommet se trouve entre Cazalas et le cap de la Coste.

Au point de départ de cette nouvelle zone riche, à la ferme de Sarrat, au-dessous de la route qui remonte la vallée de l'Estanque en venant de Rimont, on a fait dans le temps une petite recherche pour anthracite, aujourd'hui complètement éboulée. Sur tout le parcours de Sarrat à Cazalas, la couche de phosphate est régulière et puissante. Elle est constamment accompagnée d'un banc de lydite à amandes qui, faisant saillie sur le sol, facilite beaucoup le tracé du contour.

A Cazalas, où se trouve aussi un gisement de carbonate de manganèse ayant été l'objet d'un commencement d'exploitation, aujourd'hui suspendue, la couche de phosphate qui affleure dans le chemin, à 150 mètres au Nord-Ouest des talus de décharge de la mine, se présente avec une puissance de plus de 12 mètres, composée en majeure partie de phosphate noir.

La couche vient enfin tourner vers l'Est au-dessous de Feillet, à 1.000 mètres environ de la route et du chemin de fer. C'est à cet endroit que se trouve un des points d'attaque les mieux situés pour entrer en galerie dans le gîte, qui présente, à ses affleurements, une quantité de nodules épars sur le sol.

Synclinal de Larbont. — A partir de ce point, le contact prend une direction à peu près rectiligne vers l'Est, en s'infléchissant toutefois légèrement vers le Sud dans sa partie médiane, au droit du méridien d'Esplat, pour se prolonger jusqu'au village de Cerny, près de Montels, où il vient se perdre, sous forme d'une pointe effilée, dans la grande faille dévonienne dite de la chapelle d'Alzen. Ce trajet, à peu près rectiligne, mesure environ 15 kilomètres de longueur ; mais il n'est pas également riche sur tous ses points : il est notamment complètement stérile dans toute la zone étranglée qui le termine du côté de Montels.

Cette grande bande forme la branche Sud d'un nouveau synclinal, que je désignerai sous le nom de synclinal de Larbont, qui ne dépasse pas 1.200 mètres de largeur, mais dont la longueur atteint près de 14 kilomètres. La branche Nord de ce synclinal est constituée par un riche gisement de phosphate, qui va depuis l'Arize jusqu'à l'Artillac. Elle est limitée à ses deux extrémités par les terrains secondaires qui la recouvrent.

La coupe générale du bassin phosphaté de l'Ariège que je donne (Pl. II, *fig.* 4), à l'échelle de $\frac{1}{80.000}$ pour les longueurs horizontales, donne une idée claire de la position des deux anticlinaux que je viens de décrire.

Chantier de l'Arize. — Au bord de l'Arize, à 600 mètres environ de la route et du chemin de fer, la couche se présente, dans le chantier qui vient d'y être ouvert, sous

MÉMOIRE SUR LES PHOSPHATES NOIRS DES PYRÉNÉES

l'aspect de la *fig.* 16, Pl. I. On connaît même à cet endroit deux couches ayant chacune jusqu'à 20 mètres de puissance (Pl. I, *fig.* 15, Plan d'ensemble du chantier de l'Arize). La couche de gauche est, dans sa position normale au contact entre schiste et calcaire; celle de droite est entièrement dans la griotte. Il y a encore là, probablement, un de ces phénomènes d'intrusion de phosphate dans la griotte que j'ai signalé sur un si grand nombre de points différents, qu'il faut bien admettre qu'il fait partie des conditions naturelles de la formation phosphatée.

Au chantier de l'Arize, ce doublement a une importance réelle, car à 15 mètres au-dessus du niveau du ruisseau, les deux couches, séparées par un simple lit de griotte sans importance, forment un vaste épanouissement sur une largeur supérieure à 100 mètres. La couche située dans la griotte se prolonge même au-delà de cet élargissement; on la constate encore sur un chemin vicinal qui recoupe la direction des couches à 60 mètres d'altitude au-dessus du niveau de l'Arize. Au-dessus de ce dernier point, un rejet important de la couche ne permet pas de se rendre compte de la manière dont se termine ce doublement dans la formation phosphatée. Au-delà du rejet, la couche normale située au contact entre schiste et griotte persiste seule.

La proportion des nodules dans le chantier de l'Arize varie du quart au tiers et même à la moitié du volume du tout-venant.

Deux prises d'essai sur le tout-venant, prélevées en présence, *nodules non déduits*, c'est-à-dire sur la matière telle qu'elle est donnée par l'abatage, sans aucun triage, m'ont fourni les résultats suivants :

Chantier n° 1 (supérieur) : 24.12 p. 100 d'acide phosphorique
— n° 2 (inférieur) : 21.82 —

76 MÉMOIRE SUR LES PHOSPHATES NOIRS DES PYRÉNÉES

correspondant respectivement à 52,58 et 47,56 p. 100 de phosphate tribasique de chaux.

Les autres contacts de la griotte avec le carbonifère sont masqués par les terrains secondaires.

Résumé. — Tels sont, succinctement exposés, les traits principaux qui caractérisent la formation phosphatée qui s'étend entre Saint-Girons et Foix. Je les résume rapidement de la manière suivante :

Appuyé sur les schistes siluriens, le terrain dévonien forme deux synclinaux successifs, à savoir celui de la Serre-de-Mouréou et celui de Larbont, dirigés tous deux parallèlement à l'axe général du soulèvement, c'est-à-dire Est-Ouest, mais *basculés* l'un et l'autre par le voisinage du massif granitique de la Bargillière, de façon que ces deux synclinaux se terminent en pointe vers l'Est, donnant ainsi, au contact entre schistes et griotte, la forme de deux sinus étroits et profonds, ce qui multiplie beaucoup les affleurements de phosphate. M. Mettrier avait déjà constaté cette particularité des plissements *basculés* du dévonien dans la région d'Alzen. Rapprochant cette allure de celle qui se présente sur d'autres points en Europe, au contact du dévonien et du carbonifère, il conclut à attribuer la forme sinueuse des contacts, aussi bien en plan qu'en coupe transversale, à l'ennoyage des plissements dévoniens autour du soulèvement granitique de la Bargillière (*).

M. J. Roussel, dans sa Carte récemment parue sur cette région (**), n'a pas tenu compte de cette particularité strati-

(*) M. METTRIER, Ingénieur des Mines, et D^r F. KLOCKMAN, Professeur à l'Académie des Mines de Clausthal, *Rapport* (inédit) *sur les mines de cuivre d'Alzen*, 1898.

(**) J. ROUSSEL, *Étude stratigraphique des Pyrénées* (*Bulletin des Services de la Carte géologique de France et des topographies souterraines*, n° 35, T. V, 1893-1894).

graphique ; il représente les alternances du dévonien et du permo-carbonifère (dénomination sous laquelle il désigne les schistes qui surmontent la griotte), sous forme de quatre ilots allongés ou fuseaux étroits de griotte, dirigés Est-Ouest, entourés par les schistes.

La disposition exacte des couches ressort clairement du plan au $\frac{1}{220.000}$ et de la coupe transversale générale de la formation phosphatée dirigée N.S.-E.O., passant par Las Cabesses, Cazalas et la Bastide-de-Sérou, à l'échelle de $\frac{1}{80.000}$ pour les distances horizontales, que je donne à la Pl. II de ce Mémoire.

Dévonien et carbonifère de Celles et de Saint-Antoine. — Je dirai seulement quelques mots de cette formation, qui constitue le prolongement, vers l'Ouest, de celle de la Bastide-de-Sérou, mais qui est loin d'en avoir l'importance. La disposition générale du dévonien, entre les schistes siluriens et les terrains secondaires, est la même que dans l'autre partie du bassin, séparée par le granite de Foix (massif de la Bargillière) ; seulement les schistes carbonifères sont réduits ici au remplissage des deux synclinaux étroits, dirigé l'un, N.E.-S.O., entre Freychenet et le col de Rouy ; l'autre, E.-O., s'étend entre les ruisseaux de Touyre et de Lossel. L'un et l'autre de ces flots sont complètement isolés dans le massif dévonien.

La couche phosphatée se présente dans le synclinal de Freychenet sous forme de minces filets charbonneux, à une certaine distance du contact proprement dit de la griotte. On y trouve quelques rares nodules de phosphate tribasique et de la lydite à amandes. Quant à la couche du contact proprement dit, elle est constituée par une formation de calcschistes noirâtres faisant fortement

effervescence aux acides et contenant 2 p. 100 d'acide phosphorique.

Je n'ai pas visité le synclinal de Montferrier, entre le Touyre et le Lossel, qui est peu intéressant, vu son éloignement de toute voie de communication praticable. D'après M. J. Roussel(*), le contact des schistes avec la griotte est occupé par des brèches, des conglomérats et des marnes noires calcarifères.

Griotte de Villefranche-de-Conflent. -- **Gisement de Prades (Basses-Pyrénées).** — On connaît l'importance des exploitations de marbre griotte situées dans les environs de Prades. Il était donc naturel d'aller examiner dans cette région la manière dont se présente le contact entre le dévonien et le carbonifère. Ce dernier affleure seulement au sud de la bande dévonienne, qui s'étend dans la direction Est-Ouest, à peu de distance de Prades et à laquelle vient s'arrêter l'embranchement du chemin de fer, au petit village de Villefranche-de-Conflent, qui forme le terminus de la ligne. Ce village, ainsi que l'ancien fort de même nom, sont bâtis sur une cluse étroite, pratiquée par la rivière la Têt dans la masse griottique.

Les exploitations de marbre, ainsi que les gisements de minerai de fer, abondent dans les environs et sont assez activement exploités. La griotte, très redressée, vient butter au Nord contre les schistes siluriens. Il ne peut donc y avoir de contact utile que sur le flanc Sud de la formation dévonienne. J'ai trouvé en effet, en remontant la route qui va de Villefranche-de-Conflent à Olette, des schistes noirs qui marquent le contact, à environ 1 kilomètre au sud de Villefranche-de-Conflent. Une intrusion de ces schistes dans la griotte a même donné lieu à un petit travail de reconnaissance de date assez

(*) J. ROUSSEL, *loc. cit.*

récente, visible dans un petit ravin à droite de la route au-delà du groupe scolaire actuellement en construction. Dans l'un et l'autre de ces gisements je n'ai pu trouver aucune trace de nodules. L'analyse de ces schistes m'a donné les résultats suivants :

Perte à la calcination.....	17,40 p. 100
Acide phosphorique.....	2,10

Gisement des Corbières (Aude). — Le dévonien et le carbonifère des Corbières ont été l'objet de nombreux travaux, et cette dernière formation y est suffisamment développée pour avoir donné lieu, dans un passé déjà assez lointain d'ailleurs, à une tentative d'exploitation de la houille. Paillette (*) signala le premier l'existence du houiller dans cette région. D'Archiac (**), en 1859, reconnut l'existence de la griotte dans les Corbières. M. Viguié (***) en a donné une étude détaillée avec coupe à l'appui et a découvert un exemplaire d'*Orthoceras bohemicum* dans un nodule recueilli par M. de Rouville. Récemment enfin M. J. Roussel (****) a donné plusieurs coupes nouvelles du dévonien et du permo-carbonifère des Corbières en les rapportant à la partie la plus ancienne de trois grands plis et d'une ride transverse qui les croise; de sorte que les couches sont disposées en bandes parallèles dans la direction Est-Ouest, et sont, en outre, en retrait de part et d'autre du plan axial de la ride transverse.

Dans le flanc oriental de celle-ci, le secondaire ou le carbonifère reposent transgressivement sur le silurien supérieur.

(*) *Notice sur les mines de Ségure et de Tuchan (Annales des Mines, 3^e Série, Années 1836 et 1839).*

(**) D'ARCHIAC, *Les Corbières (B. S. G.), 2^e Série, T. VI, n^o 2.*

(***) VIGUIÉ, *Etudes géologiques sur le département de l'Aude, p. 101 et suiv.*

(****) ROUSSEL, *loc. cit.*

Le faciès général du dévonien n'est plus celui de la griotte classique des Pyrénées. Ce sont des calcaires dolomitiques ou amygdalins ; mais la localisation des minerais de fer et de manganèse dans cet étage persiste encore (gisements de Palairac, de Valmigère, de Villardebelle).

Le houiller (permo-carbonifère de M. Roussel) est formé de schistes noirs ou rouges et, à la partie supérieure, de conglomérats, de grauwackes et de grès avec lits de houille.

Gisements de Durban et de Cascatel. — Dans la vallée de la Berre, M. Viguiier avait signalé, dans les terrains qui affleurent entre Villeneuve et Cascatel, des schistes noirs accompagnés de *sphéroïdes aplatis et de nodules noirs arrondis* de dimensions variables très pyriteux où se trouvent des débris de fossiles, des grains de pyrites, des cristaux de gypse. J'ai retrouvé, en effet, dans le lit de la Berre, près du coude que fait cette rivière entre Durban et Villeneuve, les schistes noirs signalés par ce géologue. J'ai pu m'assurer, en suivant les affleurements dans les ravins voisins qu'il s'agit ici d'une couche de schiste charbonneux dépendant du terrain triasique qui forme une grande bande entre Durban et Albas. Cette couche ne vient au contact du dévonien que par suite d'un accident local. Elle ne présente d'ailleurs aucun intérêt au point de vue de l'acide phosphorique, ainsi que l'analyse sommaire le démontre.

ANALYSE DES SCHISTES CHARBONNEUX DE DURBAN.

Perte à la calcination	32.10
Acide phosphorique (dans les cendres)	0.067
Acide phosphorique (rapporté à la matière première) ...	0.05

La formation permo-carbonifère est surtout développée dans la partie occidentale des Corbières, à l'Ouest du

méridien de Monthoumet. Cette région, très montagneuse, dénuée de chemins d'accès et éloignée des voies ferrées, ne présentait pas un intérêt assez immédiat pour être en ce moment l'objet d'une étude plus approfondie au point de vue de la teneur en phosphate de la couche au contact du dévonien. Il est à remarquer aussi, ainsi que je l'ai constaté dans la vallée de Luchon et dans la région de l'Ariège qui avoisine immédiatement le Salat, que le faciès dolomitique de la griotte paraît être un indice défavorable au point de vue de la richesse de la couche en phosphate. Cette présomption aurait besoin d'être vérifiée sur d'autres points pour être admise comme un caractère permanent ; j'ai tenu néanmoins à la signaler, car, aux environs du Salat notamment, l'appauvrissement en phosphate de la couche, si riche, cependant, de Las Cabesses, au voisinage de la dolomie, est digne d'être noté.

V

EMPLOI DES PHOSPHATES NOIRS.

On comprend aisément, d'après les explications que j'ai données dans la deuxième partie de cette étude, au cours de laquelle j'ai étudié la nature et la composition des phosphates pyrénéens, qu'ils se prêtent à la fois à leur transformation en superphosphates aussi bien qu'à leur emploi direct après simple mouture.

Les nodules et les parties les plus riches du phosphate noir rubanné correspondent au premier de ces emplois ; les phosphates à basse teneur conviennent au second.

Transformation en superphosphates. — Les phosphates des Pyrénées étant caractérisés par l'absence de chaux libre exigent naturellement, pour mettre en liberté l'acide phos-

phorique qu'ils contiennent, une quantité d'acide sulfurique beaucoup moindre, à poids égal, que les phosphates crayeux ou carbonatés. Leur teneur en fer et en alumine rentre dans les limites généralement admises par les fabricants, de sorte que leur vente pour la transformation en surperphosphates n'est, somme toute, qu'une question de marché à débattre.

C'est surtout à l'état de mélange avec les phosphates crayeux de l'Algérie ou du Nord de la France que ces phosphates trouveront leur emploi rationnel dans les fabriques de superphosphates. Employés seuls, ils pourraient avoir le défaut de donner un superphosphate lourd, difficile à sécher, à cause de sa faible teneur en sulfate de chaux. Il convient toutefois de remarquer que les phosphates du Tennessee sont traités avec succès sans aucun autre mélange et donnent un phosphate facile à sécher, quoique peu chargé de gypse. L'expérience seule pourra fixer sur le meilleur mode d'emploi et les dosages les plus avantageux à adopter pour ajouter à l'économie d'acide que procureront ces phosphates, la qualité du produit final au point de vue de son séchage et de sa texture pulvérulente.

Emploi direct des phosphates moulus. — Il s'est produit, depuis déjà plus de dix ans un mouvement accentué en faveur de l'emploi direct des phosphates naturels en agriculture, et on peut dire qu'aujourd'hui, malgré les difficultés inhérentes à la nature même des essais agricoles, dans lesquels les circonstances locales jouent un si grand rôle, il est définitivement établi que la solubilité dans l'eau de l'acide phosphorique des superphosphates n'est qu'un moyen d'incorporer dans le sol l'élément phosphore dans un état de division tel que l'assimilation par les racelles soit plus immédiate et plus prompte. En un mot, c'est l'état de division de la matière, plutôt que sa solubilité dans l'eau ou dans les acides organiques au moment où elle est incor-

porée au sol, qui joue le rôle prépondérant. Des expériences précises démontrent, en effet, que l'acide phosphorique soluble contenu dans les superphosphates, repasse dans un temps très court à l'état de phosphate insoluble de chaux de fer et d'alumine, après l'épandage sur le sol.

Des pays qui utilisent les phosphates naturels par emploi direct. — L'introduction sur le marché des engrais, des scories de déphosphoration, qui date de 1886, qui est par conséquent toute récente, a vulgarisé ces notions et a puissamment contribué à détruire la croyance, souveraine jusqu'à cette date que seul l'acide phosphorique, rendu soluble dans l'eau par un traitement chimique, avait sur la végétation une action rapide et efficace. Encore à l'heure qu'il est, l'Angleterre, qui est un des gros facteurs de consommation de phosphates, reste réfractaire à l'emploi direct des phosphates naturels, et la raison en est simple : le Royaume-Uni n'a par lui-même qu'une production insignifiante de phosphate. Il vit par conséquent uniquement sur les importations de phosphate naturel venant de France, de Belgique, d'Algérie et des États-Unis. Seuls les phosphates à haute teneur peuvent supporter les frais de transport depuis les lieux de production jusqu'aux usines anglaises. Or les phosphates riches sont ceux qui sont les moins qualifiés pour l'emploi direct, car alors intervient une question de masse à répandre sur une surface déterminée, qui oblige à ne pas dépasser, pour les matières à épandre, une teneur de 16 à 18 p. 100 d'acide phosphorique.

D'autre part, la situation de l'Angleterre est telle, et le prix de revient de l'acide sulfurique y est si bas, que c'est certainement un des pays dans lesquels le bénéfice du fabricant de superphosphate est le mieux assuré. Nombreuses sont, en effet, les usines où l'acide sulfureux est la conséquence gratuite du grillage de minerai de

cuivre ou de zinc et doit être condensé sous forme d'acide sulfurique, ne fût-ce que pour se conformer aux réglementations hygiéniques.

Historique de l'emploi agricole des phosphates. — Il est intéressant de faire remarquer à ce point de vue que les premières utilisations du phosphate en agriculture ont été faites sous forme de phosphate naturel appliqué directement sur le sol. La transformation en superphosphates, industrie qui a été créée, en 1852, par Sir J. Lawes en Angleterre, a été postérieure aux premières applications directes des phosphates minéraux en France.

Berthier avait le premier, en 1810, indiqué cette substance dans les pyrites du gault de Wissant (Pas-de-Calais), à l'étage où elle devait être plus tard reconnue avec une fréquence spéciale. En 1820, il révélait la nature des nodules de la craie chloritée du cap de la Hève, qui avaient été découverts par de Bonnard. Ce n'est que deux ans après qu'on commençait à se préoccuper, en Angleterre, de l'emploi des phosphates d'os pour l'agriculture et que Buckland et Conybeare signalaient les phosphates de Bonebed de la partie inférieure du lias ou du crag du tertiaire, très récent. De 1852 à 1856, Meugy, qui avait fait de cette question une étude particulière, signala successivement les nodules phosphatés de la craie chloritée d'Aunasse près de Lille, à la base du Sénonien, et la vraie nature des *Coquins* ou nodules de Grand-Pré, Vouziers et Rethel. La note magistrale publiée par Élie de Beaumont, en 1856, sur l'utilité agricole et sur les gisements géologiques du phosphore, où il donnait les indications les plus complètes et les plus précises sur les niveaux phosphatés et particulièrement sur celui du gault, ainsi que sur leurs conditions de gisement, a toujours été, à juste titre, considérée comme ayant eu une influence capitale pour susciter et développer les exploitations qui devaient

se poursuivre, en France, sur les niveaux ainsi indiqués, et en particulier sur celui du gault, jusqu'aux découvertes ultérieures de nouveaux gîtes, tels que ceux de la Somme, sans parler de ceux plus récents encore de l'Amérique et de l'Afrique(*).

A partir de 1847, on commença à s'occuper sérieusement de la substitution des phosphates fossiles aux os broyés incorporés dans les engrais artificiels. Les beaux travaux de Meugy sur les phosphates verts furent le point de départ de l'industrie si développée, qui s'est maintenue depuis lors sur les gisements des Ardennes. Le mérite de l'organisation pratique de cette industrie revient d'ailleurs à de Molon et à Desailly dont les noms sont inséparables de cette création.

Il est indubitable que l'emploi des superphosphates est surtout avantageux pour les terres exploitées par fermage, sur lesquelles l'exploitant, c'est-à-dire le fermier, a intérêt à rentrer le plus vite possible dans ses avances d'engrais et à n'employer par conséquent que des matières susceptibles de lui revenir sous forme de produits agricoles pendant la durée de son assolement ou de son fermage. Mais, d'autre part, l'unité d'acide phosphorique pouvant lui être fournie à beaucoup plus bas prix dans les phosphates naturels moulus que dans les superphosphates, l'emploi sous les deux formes dépend essentiellement des conditions locales et des prix de transport. C'est ce qu'ont compris les fabricants de superphosphates, qui tendent de plus en plus à installer des usines régionales dans les pays de consommation, à les approvisionner avec des phosphates riches importés et à dédoubler pour ainsi dire ces derniers sur place, de manière à réduire les frais de transport au minimum.

(*) L. AGUILLON, *Notice sur le Corps des Mines*. Imprimerie Gauthier-Villars et fils, Paris, 1897 (Centenaire de l'Ecole Polytechnique).

Emploi des phosphates dans le Sud-Ouest de la France. — La région agricole du Sud-Ouest, qui est appelée plus particulièrement à bénéficier de la découverte des phosphates noirs des Pyrénées, n'est guère desservie que par les usines littorales de Cette, de Bordeaux et de Bayonne. La partie centrale du Toulousain et les départements voisins, notamment toute la riche vallée qui s'étend de Tarbes à Pau, consomment des engrais phosphatés venant pour la plupart des usines précitées. Ces régions trouveront une économie considérable dans l'emploi direct des phosphates noirs moulus. Les résultats obtenus dans cette voie sont des plus favorables, mais ils ne sont pas encore assez nombreux pour être absolument concluants. D'autres applications, sur une plus vaste échelle, sont en cours d'exécution. Tels qu'ils se comportent, ces premiers résultats donnent lieu de penser que, dans un avenir prochain, les phosphates des Pyrénées feront vraisemblablement l'objet d'une consommation importante sous forme d'application directe après simple mouture.

Coup d'œil sur le marché actuel des phosphates. — Il est inutile d'insister sur l'intérêt que présente, au point de vue général, la découverte des phosphates des Pyrénées, juste au moment où la hausse rapide des prix de vente des engrais, qui a ou pour raison déterminante l'ouverture des hostilités entre les États-Unis et l'Espagne, a éveillé l'inquiétude des agriculteurs. Ainsi que je le faisais prévoir dès 1895, l'absence de stock flottant et de disponibilité de la marchandise, qui est la caractéristique du commerce des phosphates, en face des besoins sans cesse grandissants de l'agriculture, devait fatalement amener la hausse pour peu qu'une circonstance fortuite rompit tant soit peu l'équilibre. Si on jette, en effet, un coup d'œil rétrospectif sur les fluctuations du marché des phos-

phates, depuis seulement quinze ans, on sera frappé de voir que le phénomène de la baisse ininterrompue des prix, depuis le début de l'industrie des phosphates a été, pour la première fois, remplacée par une hausse et une hausse considérable, depuis la guerre hispano-américaine. M. Grandeau a très bien fait ressortir cette situation dans ses intéressantes chroniques agricoles.

Au début de l'industrie des superphosphates, le prix de l'acide phosphorique rendu soluble par l'acide sulfurique était fort élevé : 1 franc et plus par kilogramme. Le progrès de cette fabrication qui prit, avec la découverte d'abondants gisements en phosphate naturel, un essor considérable, abaissèrent progressivement le prix de l'unité d'acide phosphorique à 0 fr. 80, 0 fr. 70 et finalement, vers 1887, à 0 fr. 60 ou 0 fr. 50, suivant les centres de production. La consommation du superphosphate s'accroissant, de nouvelles et importantes usines s'élevèrent, et, la concurrence aidant, les prix fléchirent à 0 fr. 45 et 0 fr. 40 et restèrent stationnaires à ces taux pendant quelques années, de 1890 à 1895.

De tous côtés les cultivateurs constatèrent les excellents effets de l'acide phosphorique sur la fertilisation de leurs terres; les débouchés augmentant, l'industrie superphosphatière décupla ses moyens de production, en France, en Belgique et en Angleterre; les prix de vente étaient à la fois rémunérateurs pour les fabricants et les cultivateurs. Survint le malaise qui, il y a quelques années, atteignit l'agriculture de toute l'Europe, malaise dû en grande partie à l'affaiblissement des prix des denrées agricoles, en blé et en sucre notamment, que les tarifs douaniers furent impuissants à conjurer. La consommation des engrais phosphatés se ralentit ou, pour dire plus juste, ne suivit pas la progression de la fabrication du superphosphate, qui avait pris un développement énorme, quoique bien peu en rapport encore avec les besoins de

nos cultures. Les cours faiblirent de 1895 à 1897, dans une proportion inconnue jusque-là; le prix de l'unité d'acide phosphorique tomba jusqu'à 0 fr. 34 et 0 fr. 32. Cette baisse trouvait pour les fabricants, il est vrai, une compensation partielle dans la diminution du prix de la matière première résultant de la mise en exploitation des immenses gisements de l'Amérique et de l'Algérie; mais, malgré cela, l'industrie du superphosphate traversait une crise grave, qui rendit nécessaire une entente des producteurs pour réduire la fabrication. La situation des phosphatiers, obligés d'abaisser le prix de vente de la matière première des superphosphates, n'était guère meilleure.

Les choses en étaient là lorsqu'éclata la guerre hispano-américaine, dont l'une des premières conséquences fut la suppression à peu près complète des exportations de la Floride. Entre temps, la faiblesse du prix du superphosphate avait conduit les industriels à réduire leurs approvisionnements en phosphate d'Amérique, principal facteur de l'importation des phosphates bruts, dans la pensée que ce dernier s'abaisserait encore. La brusque cessation de l'importation des phosphates d'Amérique, principale source d'alimentation des usines européennes, déjoua ce calcul. En quelques semaines une hausse énorme (30 à 40 p. 100) se produisit sur les phosphates d'Algérie, appelés à remplacer ceux de la Floride ou du Tennessee. La conséquence nécessaire de cette hausse subite fut l'élévation du prix de vente du superphosphate, qui est coté aujourd'hui 0 fr. 45 à 0 fr. 50 l'unité, suivant les régions, prix que l'agriculture n'avait pas connu depuis 1889 ou 1890. Comme il était naturel de s'y attendre, les autres engrais phosphatés, les scories de déphosphoration notamment, ont suivi ce mouvement de hausse. Pris aux centres de production, l'acide phosphorique coûte actuellement 0 fr. 25 le kilogramme dans les scories.

J'ai toujours fait ressortir, lorsque j'ai eu à m'occuper

du marché général des phosphates, cette particularité qu'il présente, de ne jamais avoir de stock flottant, d'existences importantes en magasin. C'est une cause de faiblesse, qui a longtemps pesé sur les cours; mais c'est aussi une des raisons majeures qui ont amené la hausse des prix de 1898. Les usines à superphosphate, après avoir longtemps fait la loi aux producteurs, voient aujourd'hui la situation changer du tout au tout par la simple entente des producteurs principaux pour maintenir les prix à un taux plus rémunérateur. C'est un résultat qui devait forcément se produire, après une période de dépression, due à une concurrence ruineuse des vendeurs, qui ont fini par s'apercevoir que le marché, dénué de stock, en présence de la consommation constamment croissante des phosphates, était facile à relever par une simple entente des gros producteurs.

Malgré cette hausse des prix, il n'y a pas à craindre que la consommation des phosphates diminue. Le cultivateur tomberait dans une grave erreur, s'il renonçait, pour ses cultures d'automne, au phosphatage de ses champs. *L'abaissement des rendements lui causerait une perte de recette sans rapport avec l'économie réalisée sur l'achat des engrais(*)*.

Il était évident, ainsi que j'ai cherché à le faire ressortir dans mes analyses de prix de revient des grands pays producteurs, Floride et Algérie, en 1895, que les prix de vente, à cette époque, étaient descendus au-dessous du minimum normal et qu'on travaillait pour ainsi dire à perte, tout au moins sur un certain nombre des gisements de ces divers pays. La statistique de la production depuis 1895 a pleinement justifié mes prévisions, ainsi que le démontre le tableau suivant :

(*) L. GRANDEAU, *Études agronomiques*. Articles dans le journal *le Temps*.

90 MÉMOIRE SUR LES PHOSPHATES NOIRS DES PYRÉNÉES

TABEAU DONNANT LA PRODUCTION EN TONNES MÉTRIQUES DES DIFFÉRENTES RÉGIONS PHOSPHATIÈRES DES ÉTATS-UNIS DE 1892 A 1898.

ANNÉES	CAROLINE du Sud	FLORIDE	CAROLINE du Nord	TENNESSEE	PRODUCTION totale
1892	548.396	354.327	6.000	.....	908.723
1893	556.889	426.432	7.500	.....	990.815
1894	493.800	558.990	9.000	17.384	1.079.174
1895	515.734	530.356	7.500	45.329	1.098.819
1896	314.360	499.065	7.817	57.847	889.089
1897	333.626	442.303	7.000	119.599	902.428
1898	»	»	»	320.000	1.125.090

Ce tableau montre clairement que la Floride et la Caroline étaient, en 1896 et en 1897, en décroissance sensible. Ces régions pouvaient difficilement lutter aux prix de l'époque. La diminution de la production américaine aurait été plus forte encore, si un nouveau facteur, le Tennessee, n'était venu relever le total avec un énorme accroissement de plus de 100 p. 100 de 1896 à 1897, passant de 57.000 tonnes à 119.000. Dans l'exercice 1898, le progrès a été plus considérable encore ; l'accroissement sur 1897 a été de près de 300 p. 100. C'est principalement au district de Mount-Pleasant qu'est dû ce développement réellement extraordinaire de la production.

Production de l'Algérie. — Pendant cette même période, l'Algérie s'est de son côté merveilleusement développée, prouvant ainsi la vitalité de son industrie nouvelle et la faculté qu'elle possède de pouvoir lutter victorieusement aux époques de dépression sur les prix de vente.

ÉVOLUTION DES EXPORTATIONS ALGÉRIENNES DE 1894 A 1898.

ANNÉES	EXPORTATION pour la France (tonnes)	EXPORTATION pour l'étranger (tonnes)	EXPORTATION totale (tonnes)
1894	3.145	46.448	49.593
1895	34.838	77.160	111.998
1896	34.661	105.379	140.040
1897	70.155	136.917	207.082
1898	60.860	161.488	222.348

On peut dire, en résumé, que l'état général du marché des phosphates, tant en Europe qu'aux États-Unis, est extrêmement encourageant. Malgré les accroissements réalisés, malgré les perspectives immédiates de développement des nouvelles régions, les prix se maintiennent en grande hausse, et ce, sur des marchés à long terme. On a passé des marchés à livrer sur les cinq prochaines années, en phosphates de la Caroline du Sud, (200.000 tonnes), à des prix de hausse, ce qui fait espérer au moins le maintien des cours actuels.

En Floride, les exportations, au 30 Novembre 1898, avaient atteint 334.708 tonnes contre 329.325 tonnes en 1897, et 291.540 en 1896. Sur ce total, les ports méditerranéens n'ont reçu que 11.978 tonnes contre 29.922 en 1897 et 39.467 en 1896. On voit que les phosphates algériens tendent à chasser complètement les phosphates américains de cette zone de vente.

Les prix des phosphates à haut titre de la Floride ont monté de 5 dollars, en 1897, à 9 dollars, en 1898, soit 80 p. 100 de hausse, et les nodules (*land pebble*) sont cotés à l'heure actuelle 5 dollars 1/2 à 6 dollars la tonne métrique, franco New-York.

Avenir des phosphates des Pyrénées. — Telles sont les

VOIR SUR LES PHOSPHATES NOIRS DES PYRÉNÉES

na dans lesquelles les nouveaux gisements phosphates Pyrénées vont avoir à entrer en ligne de sur le marché des phosphates. Je les résume ent.

tation. — Au point de vue de l'exportation, les sortie doivent être incontestablement Bordeaux ne. Dans l'un et l'autre de ces ports et sur Bordeaux, le fret de sortie manque, et nombreuses occasions qu'on peut utiliser pour exporter les dises lourdes à destination de l'Angleterre, de que et de l'Allemagne, à des taux extrêmement combinaison avec des chargements de poteaux de ou d'autres marchandises légères à destination mes ports. Cette exportation est favorisée, en par un tarif spécial très favorable, établi par la nie du Midi sur tous les minerais exportés de à destination de Bordeaux, qui est de 6 fr. 40 e métrique. C'est là un point très important pour e de ces phosphates à l'étranger; car on sait que, rs de la France, les grands consommateurs de te sont l'Allemagne et l'Angleterre.

si direct. — Au point de vue de l'emploi direct des tes moulus, on peut prévoir que toute la région Ouest s'approvisionnera, dans un délai très court, s phosphates des Pyrénées. Ces matières ferti- prendront tout d'abord la place des scories de horation, dont l'importation a pris depuis quelques un développement considérable. Il est permis r que la Compagnie du Midi établira des tarifs t pour faciliter ce nouveau trafic, qui aura pour antage de s'opérer en entier par ses voies, depuis ments jusque chez les consommateurs, et de lui

permettre par conséquent de conserver le bénéfice des abaissements de tarif, propres à développer sur son réseau le trafic des phosphates naturels.

Résultats agricoles obtenus avec les phosphates noirs simplement moulus. — Voici maintenant un résumé des résultats agricoles obtenus par l'emploi direct des phosphates noirs des Pyrénées. La plupart de ces applications ont été faites dans le département des Basses-Pyrénées et particulièrement dans l'arrondissement d'Oloron.

Les essais ont été effectués pour la première fois sur la récolte de 1897 et ont été continués en 1898, principalement sur des maïs et sur des blés. Le sol de cette région est en majeure partie formé d'alluvions anciennes en terrasses appartenant à la classe des terrains argilo-siliceux, généralement pauvres en acide phosphorique.

Domaine de Châtel-Bergès. — Récolte 1897. — L'essai comparatif du phosphate noir titrant 16/18 d'acide phosphorique, avec des superphosphates 14/16 et 16/18, a été exécuté par le propriétaire, lauréat du Concours des domaines en 1897, sur une culture de maïs qui avait été préalablement fumée avec du fumier de ferme. La dose était, aussi bien pour les phosphates noirs que pour les superphosphates, de 500 kilogrammes à l'hectare.

Aux termes mêmes de la déclaration du propriétaire, le résultat fut excellent, et la parcelle qui avait reçu les phosphates noirs donna un résultat notablement supérieur à celui obtenu par les superphosphates 16/18.

Le même dosage fut employé sur une partie non fumée préalablement et qui ne reçut, par conséquent, que les engrais ci-dessus désignés, c'est-à-dire du phosphate noir moulu, du superphosphate 14/16 et du superphosphate 16/18. La différence de rendement en faveur des phosphates noirs fut encore plus marquée que dans l'essai avec fumure. Le propriétaire fait observer que le champ ser-

vant à la dernière expérience est très riche en potasse et pauvre en acide phosphorique et en azote.

Récolte de 1898. — Il a été fait sur le même domaine, en 1898, une nouvelle série d'expériences sur du blé et de l'avoine, en concurrence avec des scories de déphosphoration titrant 14/16 d'acide phosphorique.

L'épandage a été exécuté à raison de :

1.000 kilogrammes à l'hectare pour les scories ;

400 kilogrammes de phosphate noir moulu titrant 16/18.

Les résultats ont été encore en faveur de ce dernier engrais.

L'emploi sur les cultures de maïs a été continué aussi sur ce domaine, et j'ai visité le champ d'expériences au mois de septembre dernier. Les parties qui avaient reçu le phosphate noir tranchaient nettement par la hauteur des tiges, qui dépassaient d'un tiers celles des parties voisines qui n'avaient pas reçu d'engrais. Les rendements comparatifs en poids de la récolte ne m'ont pas été communiqués.

La conclusion du propriétaire est que les phosphates noirs des Pyrénées sont, à poids égal, pour les terres qu'il possède à Châtel-Bergès, à la dose de 500 kilogrammes à l'hectare, sensiblement supérieurs aux meilleurs superphosphates.

Domaine de M. Amadou. — Campagne 1897. — M. Amadou, membre de la Société d'Agriculture des Basses-Pyrénées, a employé, en 1897, des phosphates noirs des Pyrénées simplement moulus, titrant 16/18 d'acide phosphorique. La dose employée était assez forte : 800 kilogrammes à l'hectare ;

Nature de la culture : froment ;

Qualité du terrain : terre très maigre, non fumée, argilo-siliceuse et caillouteuse, n'ayant donné, en 1896, qu'une très faible récolte de maïs.

La récolte de froment a été, en 1897, exceptionnelle-

ment mauvaise dans tout l'arrondissement d'Oloron. La moyenne du rendement sur les meilleures terres de la région n'a pas dépassé 12 hectolitres à l'hectare. Les parcelles qui avaient reçu l'engrais phosphaté ont donné, en moyenne, 15 hectolitres à l'hectare, soit 25 p. 100 de plus que les meilleures terres. Il n'a pas été employé dans cet essai d'autre engrais que le phosphate.

Domaine de M^{me} V^{me} Lafargue, à Osse. — Le phosphate noir a été employé sur une partie du domaine de M^{me} V^{me} Lafargue, comparativement avec des parcelles qui ont reçu du fumier de ferme et d'autres avec des superphosphates.

Nature des terrains : bonnes alluvions de plaine ;

Dose de phosphate noir employé titrant 16/18 : 600 kilogrammes à l'hectare ;

Pas d'autre engrais sur cette parcelle, qui n'avait pas reçu d'engrais dans les deux années précédentes ;

Nature des cultures : pommes de terre et maïs.

D'après les déclarations du propriétaire :

« Les pièces voisines, toujours bien entretenues avec
« du fumier et du superphosphate, n'ont pas meilleur
« aspect que la nôtre. C'est assez dire l'efficacité et la
« bonté de ces phosphates que je me propose d'employer
« de nouveau en 1899. »

Mode d'emploi des phosphates noirs moulus. — Pour résumer rapidement ces résultats, on peut dire que les phosphates de l'Ariège, simplement broyés et appliqués directement sur le sol, à raison de 500 à 600 kilogrammes à l'hectare, ont donné constamment, à dose égale, des résultats au moins égaux et généralement supérieurs aux meilleurs superphosphates titrant 16/18 p. 100 d'acide phosphorique soluble dans l'eau. Comparés aux scories de déphosphoration, les phosphates naturels de l'Ariège, appliqués dans la proportion réduite de 40 p. 100

96 MÉMOIRE SUR LES PHOSPHATES F

du poids de scories (400 kilogramm
rel contre 1.000 kilogrammes de sc
donné des résultats supérieurs à c
d'engrais.

Employés seuls, sur des terres ti
de 800 kilogrammes par hectare,
des Pyrénées ont donné, en 1897, u
supérieur de 25 p. 100 à celui des r
région.

TABLE DES MATIÈRES.

	Pages.
Introduction	5
Découverte du niveau des phosphates noirs dévonien s.....	7
Importance de cette découverte	9
Plan du mémoire	10

I. — Historique.

Des phosphates dévonien s en général.....	12
Note de M. Damour. — Analyse de M. Damour.....	13
Recherches pour charbon	14
Analyses de 1896	16
Premières prospections de la couche	16
Phosphates du Tennessee	17
Production des phosphates du Tennessee.....	18
Géologie.....	19
Découverte de ces phosphates.....	20
Caractère des phosphates du Tennessee.....	20
Analyse du phosphate en roche du Tennessee.....	21
Phosphates de l'Arkansas	22
Analyses.....	23
Géologie.....	23
Résumé	24

II. — Nature des phosphates des Pyrénées.

Phosphates noirs	26
Des phosphates à nodules	27
Phosphate quartzeux	28
Des nodules	29
Densité. — Calcination	32
Distillation. — Examen micrographique	33

III. — Composition des phosphates noirs.

Acide phosphorique	34
Enrichissement. — Débourage	36
Importance des nodules. — Teneur des nodules	37

MÉMOIRE SUR LES PHOSPHATES NOIRS DES PYRÉNÉES 99

	Pages.
De la garantie des teneurs.....	39
Conclusions.....	40
Caractères physiques.....	41
Chaux.....	42
Silice. — Fer et alumine.....	43
Fluor.....	44
Eau et humidité. — Matières organiques.....	46
Azote.....	48
Potasse.....	49
Analyse complète.....	50

IV. — Description des gisements.

Gisements de la vallée d'Aspe (Basses-Pyrénées). — Géologie....	51
Gisement du Roc Manaudas	52
Gisement du bois de Larrassiette.....	54
Résumé. — Moyens de transport.....	54
Autres affleurements carbonifères	55
Vallée des Eaux-Bonnes. — Vallée de la Garonne et de Luchon (Haute-Garonne).....	56
Gisements de Saint-Girons à la Bastide-de-Sérou et à Foix (Ariège). — Situation.....	57
Géologie.....	57
Travaux géologiques sur la région. — Environs de la Bastide.	58
Dévonien de Saint-Girons à Foix.....	61
Dévonien de Celles et de Saint-Antoine. — Description du niveau phosphaté.....	62
Gisement de Grabious. — Gisement de Las Cabesses.....	63
Coupe générale des terrains.....	64
I. — Terrain silurien.....	64
II. — Terrain dévonien.....	64
III. — Terrain houiller.....	65
Gîte de Las Cabesses.....	65
Gisement de manganèse.....	66
Couche de phosphate.....	68
Reconnaissance de la couche phosphatée par les galeries de la mine. — Galerie du niveau 52.....	69
Gisement de contact. — Schistes manganésés.....	70
Gisements des Courets.....	71
Synclinal de la Serre-de-Mouréou.....	72
Gisement de Sarrat.....	73
Synclinal de Larbont.....	74
Chantier de l'Arize.....	74
Résumé.....	76
Dévonien et carbonifère de Celles et de Saint-Antoine.....	77

100 MÉMOIRE SUR LES PHOSPHATES NOIRS DES PYRÉNÉES

	Pages.
Griotte de Villefranche-de-Conflent.....	78
Gisement de Prades.....	78
Gisement des Corbières (Aude).....	79
Gisement de Durban et de Cascatel.....	80

V. — Emploi des phosphates noirs.

Transformation en superphosphates.....	81
Emploi direct des phosphates moulus.....	82
Des pays qui utilisent les phosphates naturels par emploi direct.	83
Historique de l'emploi agricole des phosphates.....	86
Emploi des phosphates dans le Sud-Ouest de la France.....	86
Coup d'œil sur le marché actuel des phosphates.....	86
Production des États-Unis de 1892 à 1898.....	90
Production de l'Algérie.....	90
Production des phosphates algériens de 1894 à 1898.....	91
Avenir des phosphates des Pyrénées.....	91
Exportation. — Emploi direct.....	92
Résultats agricoles obtenus avec les phosphates noirs simplement moulus.....	93
Domaine de Châtel-Bergès.....	93
Récolte de 1898.....	94
Domaine de M. Amadou. — Campagne de 1897.....	94
Domaine de M ^{me} V ^e Lafargue, à Osse.....	95
Mode d'emploi des phosphates noirs moulus.....	95
Table des planches.....	97

EMPLOI
DE
L'ÉLECTRICITÉ DANS LES MINES A GRISOU
EN ANGLETERRE

Par M. LEPROUX, Ingénieur des Mines

La note qui va suivre est le résultat d'une étude entreprise, au cours de l'été de 1898, pour rechercher si, dans les houillères anglaises, l'emploi de l'énergie électrique dans l'intérieur des mines grisouteuses est soumis à des précautions spéciales. Chargé de cette étude par M. le Ministre des Travaux publics, et accrédité, par l'intermédiaire de M. le Ministre des Affaires étrangères, auprès de M. le Secrétaire d'État pour l'Intérieur, nous avons pensé que le mieux à faire était de nous mettre en rapport avec MM. les Inspecteurs des Mines, estimant que la question, touchant de si près à la sécurité, ne pouvait leur être étrangère ; que ces Messieurs nous mettraient à même de visiter les installations se rapportant à l'objet de notre mission, et surtout, que tout perfectionnement de nature à rendre plus sûr l'emploi de l'électricité dans les mines à grisou aurait été porté à leur connaissance, à raison de la nature même de leurs occupations.

Grâce à l'obligeance que nous avons très généralement rencontrée chez MM. les Inspecteurs, nous avons pu, soit directement, soit indirectement, nous mettre en rapport avec la plupart de ceux d'entre eux qui sont chargés des districts houillers, et, grâce à eux, grâce aussi à l'accueil qui nous a été fait par les exploitants de mines

auxquels nous étions adressés, par les constructeurs, etc., nous avons réuni un ensemble de renseignements et de documents, dont l'exposé suit.

Il y a bientôt vingt ans que fut rédigé le rapport de mission de MM. Pernolet et Aguillon sur l'état des mines à grisou en Angleterre. Depuis lors une loi est venue, en 1887, remplacer la loi de 1872(*). Cette même loi de 1887 a subi deux groupes de modifications dont nous parlerons dans un travail spécial. Mais, au total, et sauf sur quelques points de détail, la législation n'a pas été altérée; la réglementation n'a pas été modifiée, si ce n'est sur quelques questions qui n'intéressent pas l'aménagement général; la propriété minière est restée organisée de même; les conditions de l'industrie houillère ont peu varié; les méthodes n'ont pas changé, et il en résulte que le rapport que nous citons plus haut pourrait, croyons-nous, être refait en entier presque sans autre modification d'ensemble que celle de la date. En ce qui concerne notamment l'aérage, on trouve encore nombre de mines aérées par des foyers; la mesure des teneurs en grisou des retours d'air est toujours aussi négligée, etc. Je crois donc pouvoir me contenter d'y renvoyer, sans m'attarder davantage à décrire une situation générale que, par la suite, je supposerai connue.

Les données qui résultent de cette situation pour les emplois de l'électricité dans les mines à grisou peuvent être résumées comme il suit :

1° Les machines que l'on peut avoir à actionner par l'électricité dans les travaux souterrains des houillères anglaises sont, au premier rang, les treuils de trainage mécanique; puis les machines d'extraction secondaires des puits intérieurs; accessoirement, des pompes; en dernier

(*) Voir *Annales des Mines*, vol. de 1897.

lieu, et depuis quelques années seulement, des haveuses.

Pour tous ces usages, l'électricité peut rendre de très grands services. La largeur habituelle de la section des puits et des galeries, la solidité du toit, la facilité qu'offrent, par conséquent, la pose des câbles et leur déplacement, font trouver très avantageux, dans bien des cas, l'emploi de l'électricité comparé à celui de l'air comprimé ou de la vapeur. Pour le havage mécanique notamment, qui paraît prendre une place prépondérante dans l'exploitation des couches moyennes à charbons durs, les avantages de l'électricité sont inestimables ; outre la facilité de pose, le bruit fait par la haveuse est beaucoup moindre qu'avec l'air comprimé, et l'appareil travaille avec beaucoup plus de régularité et sans à-coups. Certains ingénieurs regardent le fait que les haveuses électriques font un peu moins de bruit, comme un avantage très marqué au point de vue de la sécurité.

En outre, l'électricité se prête admirablement à l'éclairage des recettes et des principales galeries.

2° Comme le font remarquer MM. Pernolet et Aguillon, les mines anglaises peuvent être regardées comme des mines où le dégagement de grisou est, en général, modéré. De plus, les toits sont bons et très lisses, et il se produit peu de cloches dans les galeries de roulage, bien que ces dernières soient très peu boisées. Le résultat est que l'on voit, en somme, peu de grisou, tant dans les chemins d'arrivée d'air que dans les tailles ; ce gaz se trouve surtout, soit dilué dans l'air des retours d'air, où il atteint parfois des teneurs exagérées, soit, probablement, dans les vides inaccessibles qui se produisent dans le toit en arrière des tailles.

L'idée de placer des appareils électriques et des câbles dans les chemins d'entrée d'air n'a donc rien qui effraie à première vue ; pour quiconque ne réfléchit pas, ou ne veut pas réfléchir à l'instabilité de l'aérage des houillères

anglaises, le danger du grisou n'y est, en général, nullement apparent, lorsqu'on se borne à gagner les tailles par les chemins d'entrée d'air. Au reste, pour nombre des appareils dont nous avons parlé, le danger de la présence du gaz au voisinage du courant paraît très réduit. Les treuils de trainage sont, ou très près des puits d'entrée d'air, ou, en tous cas, très loin des travaux. Les pompes sont aux points les plus bas de l'exploitation. Il n'y a presque jamais de cul-de-sac d'une longueur importante, et d'ailleurs, y en eût-il, qu'il ne serait pas question d'y placer des appareils électriques ; car les ventilateurs secondaires et les perforatrices sont des appareils bien peu connus dans les houillères anglaises.

Pour toutes ces raisons, l'emploi de l'électricité dans les mines même grisouteuses devait paraître possible en Angleterre, et les constructeurs d'appareils électriques devaient naturellement tenter de grands efforts pour se créer de ce côté un débouché qu'une production de près de 200 millions de tonnes permettait de croire sans limites.

L'objection du danger provenant, surtout dans les mines grisouteuses, des échauffements, des étincelles et des arcs voltaïques, fut immédiatement mise en avant, non pas, comme en Belgique, par l'Administration, mais par les exploitants eux-mêmes. L'Administration, disons-le dès à présent, n'a jusqu'ici proposé aucune mesure réglementaire visant les emplois de l'électricité dans les mines en général, ni dans les mines à grisou en particulier ; on sait d'ailleurs que ce dernier terme n'a pas, en Angleterre, de sens défini. Dans les règlements généraux, résultant des textes de la loi de 1887 et de la loi de 1896, il n'est rien prévu à ce sujet, nous n'avons nulle part entendu dire que les règlements particuliers se préoccupent de la question. Quant aux Inspecteurs des mines, ils nous ont paru être hostiles à l'emploi de l'électricité dans les milieux grisouteux ; mais nous n'avons pas connaissance

qu'aucun de ceux que nous avons vus ait eu à s'opposer à telle ou telle installation projetée dans des conditions dangereuses.

Les exploitants, nous le répétons, ont été les premiers à reprocher à l'électricité les dangers d'incendie et d'inflammation des gaz qu'elle apporte avec elle. Cette opposition de leur part provenait à la fois, croyons-nous, du danger réel, et aussi d'une certaine inexpérience du personnel qui dirige les exploitations houillères. On sait comment est formé ce personnel en Angleterre : cinq ans de pratique comme ouvrier ou employé dans une mine ; un examen sur des matières visant uniquement l'exploitation ; telles sont les conditions suffisantes pour être chargé de diriger une exploitation. Sans doute les Compagnies prospères possèdent des directeurs pourvus d'une très solide instruction ; sans doute l'enseignement technique se développe ; mais il le fait lentement, plus lentement que partout ailleurs.

D'autre part, sans que nous puissions à ce sujet formuler une opinion appuyée sur des faits et des chiffres précis, il semble que les emplois de l'électricité comme force motrice aient fait en Angleterre, d'une manière générale, moins de progrès qu'en Allemagne, ou en Belgique, ou en France. C'est ainsi que nous avons pu parcourir l'Angleterre du Nord au Sud pendant plusieurs semaines, en stationnant surtout dans les grandes villes, sans constater l'existence d'une seule ligne de tramways électriques ; c'est ainsi également que, d'après des renseignements que nous avons tout lieu de croire exacts, on aurait cherché en vain, en Angleterre, au commencement de 1898, une maison de construction établissant des moteurs et générateurs pour courants polyphasés.

Ce retard des hommes et des choses, et cette espèce de crainte que professent, plus peut-être en Angleterre qu'ailleurs, les personnes mal éclairées pour tout ce qui

EMPLOI DE L'ÉLECTRICITÉ

pas reçu la sanction de l'expérience dans leur pays. Il explique que les premières propositions faites pour aller l'électricité dans les mines de houille aient été accueillies avec des objections au-devant desquelles les constructeurs se sont portés avec empressement, en conisant des dispositifs soi-disant de sécurité.

Les dispositifs proposés se réduisent : 1° à munir les lampes, employées dans les travaux, d'enveloppes mettant le milieu extérieur à l'abri des étincelles qui se produisent aux balais ; 2° à se servir de câbles spéciaux, combinés de manière à ne pas donner d'étincelles d'extrarant, lors d'une rupture.

L'enveloppement des dynamos est une mesure qui se comprend d'elle-même, et qui, en dehors des considérations de sécurité, se justifie par des motifs d'ordre économique ; la poussière et l'humidité qui se rencontrent habituellement dans les mines rendent très utiles les dispositifs de protection. Aussi les dynamos, grossièrement enveloppées, bénéficièrent-elles très vite d'une certaine faveur.

Il n'en fut pas de même pour les câbles. Le seul qui ait été sérieusement prôné et qui ait été, à notre connaissance, l'objet d'applications en Angleterre est le câble inson (*). Combiné, dans la pensée de l'inventeur, de manière à produire, dès qu'il commence à se rompre, l'interruption du courant, par le jeu automatique d'un commutateur, ce câble fut d'abord installé dans deux mines du Durham. Mais, au bout de peu de temps, on l'abandonna, trouvant son emploi inutile ; en fait, il n'était particulièrement justifié, le parcours sur lequel il était employé étant dans l'air frais. On fit cependant quelque bruit pour de cette application ; diverses publications en parlèrent avec faveur ; mais la faveur s'arrêta là, et nous

Voir sa description dans la communication de M. Selby Bigge à la *United Institute of Mining Engineers*, mars 1892. Cette description a été résumée dans le rapport belge (*Annales des Mines*, 1^{er} vol. 1898, p. 104).

tenons de l'inventeur lui-même cette affirmation qu'à l'heure actuelle il n'y a pas un seul câble Atkinson en service en Angleterre.

A cela, croyons-nous, se résume l'historique de l'emploi des câbles spéciaux en Angleterre. C'est peu de chose en regard de l'importance qui leur a été donnée dans certaines publications (*) et dans le rapport accompagnant l'arrêté belge de 1895.

Aujourd'hui les câbles employés dans les mines anglaises sont presque partout et uniquement des câbles assez fortement armés avec des fils ou des bandes d'acier, soigneusement et solidement isolés, mais sans dispositifs spéciaux pour parer aux inconvénients de l'extra-courant de rupture. Bien plus, certains constructeurs ne craignent pas d'affecter l'armature extérieure au retour du courant. Exceptionnellement, et aux abords des puits, les câbles sont renfermés dans des conduites en plomb ou en poterie, pour éviter les détériorations par les agents extérieurs. Il ne nous a pas semblé qu'on se préoccupe, comme en Belgique, de calculer largement les sections des conducteurs, en vue d'éviter les échauffements plus soigneusement dans les mines qu'ailleurs.

Voyons maintenant à quels résultats a conduit la pratique de l'enveloppement des dynamos.

Dès que l'emploi des moteurs enveloppés s'est généralisé, on a reconnu deux inconvénients de ce système : la capacité close peut être trop petite par rapport à la masse enveloppée, et alors la dynamo s'échauffe ; si la capacité est grande et dépasse 1 ou 2 litres, et si un mélange détonant vient à être introduit à l'intérieur, l'enveloppe sera brisée par l'explosion.

Ce sont ces considérations qui ont conduit M. Stokes,

(*) Voir notamment *Federated Institute of Mining Engineers*, meetings de mars 1892, juin 1896 ; et *Colliery Guardian*, articles de M. Sydney F. Walker (1^{er} semestre 1897).

Inspecteur des mines pour le Midland, à combiner une dynamo où seule la partie dangereuse est protégée, et où les joints sont d'ailleurs faits de telle sorte qu'une flamme ne puisse se propager de l'intérieur à l'extérieur. Ce type de dynamo a été soumis à des essais d'ailleurs assez concluants, prouvant que la dynamo elle-même présente, dans les milieux grisouteux, une certaine sécurité (voir p. 112, et *fig.* 1, 2, 3 et 4, Pl. III).

Ailleurs on a essayé de remédier à l'échauffement en introduisant dans l'enveloppe un gaz sous pression. On avait proposé un gaz inerte; mais nous ne croyons pas qu'il ait été fait réellement d'application de ce principe autrement qu'avec de l'air comprimé. C'est ainsi qu'on a procédé à Hickleton (voir p. 113).

Ces deux perfectionnements ont été appliqués soit à des trainages, soit à des pompes, c'est-à-dire dans des cas où, en général, on a peu à se préoccuper du grisou au point où se trouvent placées les dynamos.

Les haveuses mécaniques sont dans une situation absolument différente, puisqu'elles sont placées au front de taille. Or l'emploi des haveuses fait réellement des progrès assez sensibles en Angleterre. Elles sont le plus souvent actionnées par l'air comprimé; mais certains constructeurs leur ont appliqué l'électricité. Mais, des renseignements que nous avons obtenus, il résulte que jusqu'à présent on n'a pas eu, dans ce cas, à se préoccuper des dangers du grisou, parce que les haveuses électriques n'ont été employées que dans des mines très peu grisouteuses.

On enveloppe bien les moteurs, dans un but d'économie, mais sans se préoccuper aucunement de l'étanchéité. Toutefois c'est à une haveuse qu'ont été adaptées les seules dynamos à courants polyphasés dont nous ayons entendu parler au cours de notre voyage. Cette haveuse fonctionne à Ackton Hall et donne, paraît-il, toute satisfaction (voir p. 113).

Nous n'avons parlé jusqu'ici que du transport de l'énergie pour des applications mécaniques. En ce qui concerne l'éclairage, nous n'avons que deux points à signaler.

L'éclairage des recettes intérieures, des galeries d'accès, des chambres de machines, etc., au moyen de lampes à incandescence fixes, est très répandu. On ne prend dans ce cas aucune précaution spéciale ; on néglige même, la plupart du temps, de recouvrir l'ampoule des lampes à incandescence d'une cloche en verre plus solide, ainsi que nous l'avons toujours vu faire en Westphalie, et que l'impose le règlement belge. Une opinion, qui paraît assez répandue en Angleterre, est que la rupture d'une ampoule dans un mélange grisouteux ne peut donner lieu à l'inflammation de ce mélange. Cette conclusion est d'ailleurs opposée à celle à laquelle est arrivé M. Heise, à Consolidation (*).

En second lieu, nous signalons l'emploi, sur une grande échelle, au moins dans deux mines du Durham (Murton et Lampton ; voir p. 114), de lampes portatives données aux ouvriers. Les exploitants nous ont déclaré que, entre autres avantages, ces lampes permettaient un meilleur triage du charbon au chantier. D'autre part, il nous a été affirmé qu'une des raisons de leur emploi était la crainte de dégagements instantanés. Les ouvriers que nous avons questionnés nous ont tous déclaré qu'ils étaient très satisfaits de la substitution de ces lampes aux lampes de sûreté ordinaires, à cause de ce fait qu'elles ne s'éteignent pas lorsqu'elles tombent. Quant à l'inspection du toit au point de vue de la solidité de ce dernier, nous n'oserions affirmer qu'elle soit beaucoup plus facile avec ces lampes qu'avec des lampes à combustion.

Tels sont les résultats de notre enquête. Au reste, les

(*) GLÜCK-AUF, janvier 1898. Voir aussi : *Comptes Rendus de la Société de l'Industrie minière*, février 1898.

quelques essais que nous venons d'indiquer et qui ont été faits pour permettre l'emploi des moteurs électriques dans les milieux grisouteux sont peu concluants et ne paraissent pas devoir être poursuivis. L'opinion des Ingénieurs anglais au courant des questions d'exploitation des mines de houille nous a paru en effet, à une ou deux exceptions près, être très nettement défavorable à l'emploi de l'électricité dans les mines à grisou, et nous croyons pouvoir dire qu'il se produit actuellement, dans ce pays, une réaction contre les tentatives qui ont été faites, ces années dernières, pour faire adopter cet emploi. On nous a cité plusieurs mines qui, possédant des installations électriques, les avaient récemment supprimées. Un ou deux incidents inquiétants, comme celui qui s'est produit à Murton (arc voltaïque entre deux conducteurs) ont ravivé les craintes que les exploitants n'avaient d'ailleurs pas abandonnées, et ont eu un grand retentissement. L'opinion qui semble prévaloir chez la majorité des exploitants est la suivante :

« L'électricité expose à des mécomptes bien graves, et nous ne voyons pas bien quels sont les avantages qu'elle présente sur les autres modes de transmission de l'énergie qui nous sont familiers — les câbles et l'air comprimé. — Dans le doute sur les effets que l'électricité peut produire, nous préférons nous abstenir. »

Quant aux quelques personnes que nous avons pu voir et auxquelles l'exploitation des mines grisouteuses est plus spécialement connue, leur opinion est plus solide et plus motivée. « On peut, nous disait l'une d'elles, au moyen de tels ou tels expédients, surtout au moyen d'une construction et d'un entretien très soignés, éviter tout danger dans l'emploi de l'électricité dans une mine grisouteuse pendant dix, quinze, vingt ans. Soit ! La vingt et unième année, une simple négligence, ou même un incident, dont on ne peut pas être maître, un éboulement,

un dégagement un peu violent, etc., mettront en présence une étincelle de rupture et un mélange gazeux, et on tuera deux cents hommes. Si l'on n'est pas effrayé par cette perspective, qu'on adopte l'électricité. Mais, pour moi, ajoutait mon interlocuteur (directeur d'une mine du Pays de Galles, réputée très dangereuse), je sais ce qu'il en coûte ; je sais, en dehors de toute considération humanitaire, de combien et pour combien de temps le prix de revient est majoré pour une mine qui a de semblables catastrophes dans son histoire, et je ne comprends pas qu'on mette en regard de ce risque l'économie que peut procurer l'emploi de l'électricité par rapport aux autres modes de transport de l'énergie. »

Cette opinion n'est pas isolée, et nous la citons avec d'autant plus d'empressement qu'elle émane d'un exploitant.

Ce qui toutefois atténue l'impression de sécurité que pourrait faire naître un semblable état d'esprit, c'est que, en Angleterre, des mines réellement très grisouteuses ne sont pas toujours considérées comme telles, cela à cause surtout de l'insuffisance des mesures grisoumétriques. Dans celles-là, même lorsque les lampes de sûreté seront en usage, on emploiera l'électricité, peut-être de plus en plus, sans prendre aucune précaution ; mais on l'excluera formellement de celles qui sont considérées comme grisouteuses. Nous croyons en tous cas qu'il n'y a pas de moyen terme, et que, à l'heure actuelle, en Angleterre, on est disposé à peu près partout à ne considérer comme efficace contre les dangers de l'électricité en présence du grisou que le moyen le plus radical : l'exclusion.

APPENDICE.

**I. — Dynamo à collecteurs enveloppés
système Davis et Stokes.**

Préoccupé du reproche, très fondé d'ailleurs à notre avis, que l'on peut faire aux dynamos enveloppées, de constituer une capacité close trop importante dont l'enveloppe pourrait être brisée par une explosion extérieure, M. Stokes, inspecteur des mines pour le district du Midland, a imaginé un dispositif qui réduit à son minimum le volume de cette capacité. La seule partie enveloppée est le collecteur et les balais. Pour faciliter l'établissement du joint, les touches qui forment le collecteur sont disposées en forme de couronne creuse cylindrique, à l'intérieur de laquelle se trouvent les balais (Voir la coupe, *fig. 4*). Ceux-ci sont supportés par des axes qui passent au travers d'un disque en bronze GG, lequel est en même temps l'obturateur et constitue l'unique enveloppe. Ce disque est muni d'un rebord qui vient s'adapter, sans contact, par dessus la couronne du collecteur. Une bague BB maintient la fermeture au moyen d'une saillie SS; cette bague se visse sur le commutateur même, et les deux saillies SS et TT font que, sans qu'il y ait contact avec le rebord du disque, la bague et le disque sont solidaires, c'est-à-dire qu'on ne peut ouvrir sans dévisser la bague. La course de cette dernière et le jeu du disque, qui coulisse sur une chemise fixe entourant l'arbre, sont réglés de telle sorte que, lorsque la bague est dévissée et le disque suffisamment retiré pour que le joint soit défait, les balais ne sont plus en contact avec les touches du collecteur.

Les balais sont calés et mis en contact avec le collecteur au moyen de manettes placées à l'extérieur du disque. Une petite fenêtre percée dans le disque et garnie de mica permet de voir les balais et de les caler pendant la marche.

La maison Davis construit des dynamos ainsi disposées pour des voltages de 200 et de 500 volts, et des puissances de 6 à 40 chevaux. L'une des premières installations a été faite au charbonnage de Shirland, en 1891. La dynamo en question marchait à 120 volts et donnait une puissance de 2 chevaux.

DANS LES MINES A GRISOU EN ANGLETERRE

Elle actionnait une pompe. Le directeur de ce charbonnage rait, paraît-il, soumise à divers essais, consistant :

1° A la faire tourner pendant une demi-heure dans une cité remplie d'un mélange détonant, sans obtenir d'explosi

2° A remplir de mélange explosif la capacité où se trou enfermés les balais, à placer le tout dans un mélange ex et à faire tourner la dynamo; le mélange intérieur aura explosion sans communiquer le feu au mélange extérieur.

Il résulte de certificats et de ce que nous avons vu par même qu'un certain nombre de ces moteurs sont en se dans des charbonnages du Midland.

II. — Essai d'enveloppement de dynamos avec introduction d'air comprimé.

Au charbonnage d'Hickleton, qui exploite la couche Barr dans le Yorkshire, un trainage mécanique important a été é avec des dynamos enveloppées, dans l'enveloppe desquell introduisait de l'air comprimé, plutôt pour refroidir l'ap que pour chasser le gaz.

Il s'agissait de dynamos à deux pôles, type dit « War off construites par la maison Scott and Mountain, de Newcastl Tyne, marchant à 180 volts et 400 ampères, c'est-à-dire f 72 kilowatts ou à peu près 100 chevaux.

A l'origine, ces dynamos ont été munies d'une enveloppe la disposition est indiquée sur les fig. 5 et 6. Comme on le cette enveloppe ne recouvrait que la partie tournante, et la rité close était très réduite. On admit dans cette capacité de fourni par la canalisation dont dispose la mine pour les tra secondaires, à la pression de 6 kilogrammes. Ayant eu d graves difficultés pour réaliser un calage convenable des b et ayant d'ailleurs reconnu qu'au point de vue du grisou le ger était à peu près nul en raison de l'emplacement des mos, dans une chambre placée près des puits, entre l'arri la sortie d'air, on résolut d'enlever l'enveloppe.

III. — Emploi des courants triphasés à Ackton Hall Colliery.

Une haveuse électrique, actionnée par des courants tripl est en marche, depuis la fin de juillet 1898, au charbonna

Ackton Hall (Yorkshire), et y donne toute satisfaction. L'appareil moteur se compose de deux dynamos de 10 chevaux chacune, marchant sous une tension de 330 volts. L'outil de havage est un disque faisant une entaille de 1^m,45 de profondeur ; le bâti de la haveuse a 0^m,75 de large. Les courants sont amenés par trois câbles armés, comprenant chacun 19 fils de cuivre n° 16 (jauge de Birmingham).

Fait à noter : toute la partie électrique est construite par une maison qui n'est pas anglaise.

IV. — Emploi des lampes Sussmann.

Nous avons constaté par nous-même l'emploi, sur une assez grande échelle, de lampes électriques, système Sussmann, dans deux charbonnages du Durham (à Murton et à Lampton).

A Lampton (Newbottle Colliery) 250 lampes sont en service, entre les mains des ouvriers, depuis deux mois.

A Murton, 600 lampes sont en service dans les mêmes conditions, depuis un an.

Ces lampes se composent d'un petit accumulateur renfermé dans une boîte étanche de 10 × 10 × 15 environ. La lampe à incandescence est placée par dessus ; elle est entourée d'un verre cylindrique épais ; un chapeau surmonté d'un crochet-poignée surmonte le tout. A l'intérieur du verre cylindrique, un petit cône blanc en fer émaillé placé latéralement forme écran et réflecteur.

La lampe pèse 2 kilogrammes et brûle, sans baisser d'une manière appréciable, pendant dix heures.

On charge les accumulateurs par séries de 16 ; la charge dure dix heures, à raison de 0^m,6 par lampe ; chacune exigeant environ 6 volts. A chaque charge, on doit ajouter environ 2 ou 3 centimètres cubes d'eau acidulée à 11 p. 100 d'acide sulfurique.

D'après les renseignements donnés, le prix d'une semblable lampe serait d'environ 25 francs. On n'a pas encore de renseignements précis sur le prix de revient de l'éclairage par ce moyen.

Octobre 1898.

BULLETIN.

LE MANGANÈSE AU BRÉSIL

D'après M. AR. ROJADO RIBEIRO LISBOA.

Des gîtes de minerais de manganèse ont été rencontrés au Brésil dans les États de Matto-Grasso, São-Paulo et Minas-Geraes ; ceux de ces deux premiers États ne sont encore qu'à peine explorés et ne sont que très imparfaitement connus, mais on a commencé, et d'une façon assez active, l'exploitation de ceux de l'État de Minas-Geraes.

Nature des minerais. — Les minerais de manganèse rencontrés jusqu'ici sont des oxydes anhydres ou hydratés, appartenant à diverses variétés.

Les plus abondants sont la manganite ou acerdèse et la pyrolusite, que l'on rencontre dans tous les gisements ; le premier surtout domine habituellement. Avec la manganite on rencontre la braunite ; plus rarement, la haussmannite domine, comme c'est le cas pour le minerai de Marreco. La psilomélane se rencontre en beaucoup d'endroits, formant assez souvent de petits filons.

Les minerais oxydés de Minas-Geraes sont de qualité supérieure, non seulement par leur teneur élevée en manganèse métallique, mais aussi par leur pureté, ainsi que cela résulte du tableau que l'on trouvera plus loin.

Le phosphore n'existe habituellement qu'à l'état de traces, ou, en tous cas, dans une proportion ordinairement inférieure à la limite fixée pour la métallurgie. C'est seulement d'une manière exceptionnelle que l'on rencontre des gisements dont les impuretés nuisibles aient une teneur élevée ; jusqu'à présent, bien que l'on ait reconnu un grand nombre d'affleurements, on n'en connaît qu'un seul, dans le voisinage de Miguel Burnier, conte-

tant le phosphore en proportion telle que le minerai soit invendable.

Outre le phosphore, quelques minerais contiennent du soufre, de l'arsenic, du nickel, du zinc et du cuivre, mais en proportions insuffisantes pour être préjudiciables à leur valeur industrielle.

La gangue est constituée principalement par de la silice, de l'alumine, de la chaux, de la magnésie et de la baryte ; ces substances entrent dans la composition des minerais sans nuire à leur qualité ; la baryte atteint souvent la teneur élevée de p. 100 et même plus.

Le fer entre habituellement dans la composition pour 3 p. 100 et plus.

La proportion d'oxydes de manganèse dans ces minerais est de 70 à 75 p. 100, correspondant à une teneur en manganèse métallique de 50 à 54 p. 100, chiffre fort élevé en tant que teneur moyenne d'un gisement.

Un élément important à considérer est l'eau hygrométrique, dont le poids est déduit du poids du minerai dans la détermination de sa valeur industrielle. L'eau hygrométrique qui, dans les analyses industrielles, est dosée conjointement avec les matières volatiles, entre avec ces dernières dans la proportion totale de 10 à 15 p. 100 dans la majorité des cas ; cette teneur élevée est un grand inconvénient pour les minerais à transporter à de grandes distances.

Le tableau suivant résume les résultats de diverses analyses faites au Laboratoire de docimasia de l'École des Mines d'Ouro Preto, et d'une analyse faite au laboratoire des usines du Reusot. Ces analyses représentent la composition moyenne des minerais des principaux gisements.

	LOCALITÉS							
	Minas-Geraes (analyse du Crensol)	Garganta do Marreco	Mineral de Miguel Burnier	Kilomètre 500 Chemin de fer central	Kilomètre 499 Chemin de fer central	Kilomètre 503 Chemin de fer central	Marreco Chemin de fer central	Chemin de fer d'Ouro-Petro
Perte au feu.....				14,750	15,200	13,500		
Eau hygrométrique.....			1,30					
Eau combinée.....	7,100		4,90					3,30
Résidu insoluble dans l'acide chlorhydrique.....		2,60		0,700	1,560	1,000		
Carbone.....	4,500							
Silice.....	8,700		0,70					
Chaux.....	0,300		traces	0,000		traces		
Magnésie.....			0,25	0,000		traces		
Alumine.....	11,000		1,93	2,000	4,600	5,700		
Sesquioxyde de fer.....	10,050			4,000				
Protoxyde de fer.....			1,34					
Sesquioxyde de manganèse....	58,500							
Oxyde salin de manganèse....		70,00	81,24	75,600	76,200	70,000	82,50	76,50
Protoxyde de manganèse.....			6,71					
Baryte.....	traces		1,00	2,300	1,840	8,800		
Acide phosphorique.....	0,260		traces	0,051	0,019	0,032		
— sulfurique.....	0,050		0,04					
— carbonique.....			traces					
— arsénique.....	0,028		traces					
Oxyde de cuivre.....	0,060							
— de nickel.....			0,30					
— de zinc.....			0,15					
TOTAL.....	100,513	.....	99,86	99,401	99,419	99,032		
Manganèse métallique p. 100..	40,73	50,40	54,92	54,49	54,94	50,44	57,40	55,08

Description des gisements. — Les minerais de manganèse se rencontrent en petits filons dans les schistes micacés et dans les schistes argileux de Queluz, en veines de pyrolusite dans le gisement de Gandarela, ou bien sous la forme d'amas formant des gisements d'une importance considérable par leur extension et leur puissance. Les gisements qui se présentent sous cette dernière forme ne sont pas continus, ils forment des lentilles distribuées dans une zone qui s'étend sur une longueur d'un grand nombre de kilomètres, le long du chemin de fer central, entre Lafayette et Marianna.

Ces gisements situés le long du Chemin de fer central sont les seuls dont l'exploitation ait été attaquée ; les principaux centres d'exploitation sont Queluz et Miguel Burnier, localités situées respectivement à 462 et 498 kilomètres du port de Rio-de-Janeiro.

Ils sont compris dans le terrain primitif et forment des couches intercalées dans le Huronien.

Le minerai de manganèse y est constitué principalement par la manganite ($\text{Mn}^2\text{O}^3.\text{HO}$), avec plus ou moins grande abondance de pyrolusite (MnO^2) et avec des proportions variables d'autres oxydes moins stables. Il est intercalé dans l'itabirite, qui constitue le toit et le mur du gisement; ces couches d'itabirite sont en contact avec des couches d'argile qui contiennent des lits lenticulaires de sable.

Cette argile présente des colorations variées, et parfois devient complètement noire, à cause de la grande abondance de particules très fines d'oxydes de manganèse (jusqu'à 50 p. 100); celles-ci lui communiquent un éclat métallique, et cette argile arrive quelquefois à constituer un minerai de manganèse presque riche, mais très friable.

Au-dessus de cette argile vient une roche siliceuse contenant du fer et du manganèse, et qui parfois se rapproche de l'itabirite; mais, dans la plupart des cas, elle est constituée par de l'hématite hydratée.

Au dessus viennent les schistes argileux, décomposés à la surface et qui sont en stratification concordante avec les autres couches.

Méthodes d'exploitation. --- Les gisements exploités jusqu'ici se trouvent, comme il a été dit, localisés à Miguel Burnier et à Queluz, le long du Chemin de fer central. A Miguel Burnier, deux sociétés exploitent le même gisement: ce sont Airosa et C^{ie}, et Costa et Almeida. Les gisements de Queluz appartenaient d'abord à MM. Nascimento et Gerspacher, et maintenant ils appartiennent à la Société Airosa et C^{ie}. Dans les deux gisements, on a adopté la méthode d'exploitation à ciel ouvert.

A Miguel Burnier, l'attaque du minerai se fait habituellement sans méthode bien caractérisée; on cherche, dans certains points où les couches sont verticales, à appliquer la méthode par gradins.

L'abatage du minerai se fait sans explosifs, simplement à l'aide de l'outillage ordinaire pour travaux d'abatage et de terrassement; dans l'établissement des gradins, on n'observe pas de dimensions déterminées; leur largeur et leur hauteur varient beaucoup; la hauteur atteint quelquefois des proportions exagérées, par exemple 5 mètres et même davantage.

Le minerai, une fois abattu, est conduit aux dépôts, au bord de

la ligne du chemin de fer ; pour ce transport on emploie soit (exceptionnellement) le char à bœufs, soit la brouette ou le wagonnet Decauville sur voie légère. Le wagonnet Decauville est le système le plus employé, et, quand les conditions locales le permettent, comme dans l'exploitation Costa et Almeida, on emploie avec grand avantage et économie le plan incliné automoteur à double effet.

Le minerai est mis en tas sur des plateformes, au bord de la ligne du chemin de fer central, pour être chargé et expédié à Rio-de-Janeiro.

L'extraction du minerai n'a lieu qu'après l'enlèvement des couches stériles qui recouvrent le gisement. La terre stérile des couches supérieures est jetée dans des gorges profondes, où elle s'accumule en grands tas de forme conique ; dans certains gisements, à cause du voisinage de la ligne du chemin de fer et à cause de l'inclinaison naturelle du terrain vers la ligne, on a des difficultés pour se débarrasser du stérile.

A cause de cette circonstance et pour des motifs divers, le prix de revient de l'extraction a atteint, dans le gisement de Airosa et C^{ie}, à Miguel Burnier, le taux moyen de 15.000 reis par tonne, qui est un prix excessif ; souvent ce prix est atteint dans des travaux à ciel ouvert exploitant des couches suffisamment profondes pour que l'exploitation souterraine fût préférable.

En même temps que l'extraction du minerai, on pousse habituellement des travaux de recherche ; ces travaux consistent uniquement en petits puits ouverts à la surface du sol et qui ne dépassent pas la profondeur de 2 mètres ; on a la précaution de les ouvrir au voisinage des affleurements.

Étude économique. — Les minerais extraits sont expédiés au port de Rio-de-Janeiro, et, de là, aux centres de consommation en Angleterre et aux États-Unis. Dans cette étude on n'a eu en vue que les exportations destinées à l'Angleterre ; mais il ne faut pas perdre de vue que le marché des États-Unis offre de plus grands avantages au producteur.

Dans l'analyse du prix de revient d'une tonne de minerai, il y a à considérer :

- a) L'extraction du minerai de son gisement ;
- b) Le transport jusqu'à Rio ;
- c) Le transport en Angleterre ;
- d) Les frais généraux.

a) *Extraction du minerai.* — Le prix de revient de l'extraction est très variable et dépend naturellement de la plus ou moins grande profondeur à laquelle se trouve la couche minérale.

Quand on a commencé l'extraction à Miguel Burnier avec un minerai superficiel, on a obtenu le prix de 3.000 reis par tonne extraite. Mais, depuis, les conditions de l'extraction ont empiré, et on a atteint à ciel ouvert les prix de 12.000 reis et même 15.000 reis par tonne. Si on considère que le minerai est suffisamment friable pour dispenser de l'emploi des explosifs, et que, avec l'exploitation à ciel ouvert, on n'a pas encore atteint des profondeurs exagérées, on voit que le prix de revient de l'extraction est très élevé et que, nécessairement, il y a des améliorations à introduire dans cette partie de l'exploitation.

Il semble que, en organisant bien l'exploitation, on devrait pouvoir arriver à obtenir un prix moyen de 6.000 reis par tonne.

Transport de la mine au chemin de fer. — Les gisements sont situés le long de la ligne du chemin de fer central, à une distance inférieure à 1 kilomètre pour les exploitations actuelles. Malgré cela, les frais, comprenant l'amortissement du matériel, le chargement à la mine et le déchargement au chemin de fer central, s'élèvent en moyenne à 2.000 reis par tonne. On pourrait abaisser ce prix à 500 reis par diverses améliorations, notamment en faisant arriver jusqu'à la mine les propres wagons du chemin de fer central.

b) *Transport à Rio.* — Le minerai est transporté à Rio-de-Janeiro en wagons plateformes, d'une capacité de 12 tonnes, et il y a, à Lafayette, un transbordement, par suite du changement de largeur de la voie. Les frais de ce transport, y compris le transbordement, s'élèvent actuellement à 10.140 reis, et le chargement à São Juliaô à 200 reis.

A Rio, le minerai est déchargé directement des wagons dans des chalands qui appartiennent aux exploitants, et il est remorqué de là jusqu'aux navires d'embarquement. Ce service de déchargement dans les chalands, transport par chalands et chargement à bord, coûte environ 1.500 reis par tonne.

c) *Transport en Angleterre.* — Le fret est variable; il descend quelquefois à 9 shillings avec des voiliers, et s'élève, par chargeurs à vapeur, à une moyenne de 12 shillings par tonne.

d) *Frais généraux.* — Les terrains comprenant les gisements de manganèse n'appartiennent habituellement pas aux exploitants; d'ordinaire le propriétaire exige, comme indemnité, une

redevance fixe par tonne de minerai exporté, environ de 500 reis à 1.000 reis; et, en outre, 2.000 reis par mois pour chaque maisonnette ou cabane d'ouvrier élevée sur son terrain.

Les frais généraux et commissions, ainsi que les frais de gérance et administration, les impôts payés à l'État et à la municipalité, s'élèvent à environ 6.500 reis par tonne.

Quand l'exploitation se développera et que les services s'organiseront plus méthodiquement, ce chiffre de 6.500 reis pourra probablement s'abaisser à 4.500 reis.

Le tableau suivant résume le détail de ces frais de production et donne le prix de revient du minerai rendu sur le centre de consommation.

		Reis
a)	1° Extraction	12.000
	2° Transport au Chemin de fer central...	2.000
b)	1° Chargement au Chemin de fer central..	200
	2° Transport à Rio	10.140
c)	1° Déchargement à Rio, chalands et re- chargement à bord	4.500
	2° Fret pour l'Angleterre	24.000
d)	1° Redevance aux propriétaires.....	1.000
	2° Frais d'administration, impôts, etc...	2.000
	3° Commissions et divers	4.500
Total, au change de 8 (6 pence par mil- reis), par tonne.....		57.340

VALEUR DU MINERAI DANS LES CENTRES DE CONSOMMATION. — Le minerai de manganèse, rendu dans les centres de consommation en Angleterre, a une valeur de 1 shilling par tonne pour chaque unité p. 100 de manganèse métallique.

D'après le tableau d'analyses ci-dessus donné, les minerais du Brésil ont une teneur en manganèse métallique qui ne s'éloigne pas beaucoup de la moyenne de 50 p. 100.

Pour déterminer la valeur commerciale du minerai, on procède, à l'arrivée en Angleterre, à une série d'analyses sur les lots à vendre, et on calcule le manganèse métallique, en déduisant l'eau hygrométrique et les matières volatiles.

On peut prendre, sans erreur sensible, le chiffre de 10 p. 100 pour l'eau hygrométrique et les matières volatiles, ce qui réduit le titre des minerais de 50 p. 100 à 45 p. 100 de manganèse métallique.

A raison de 4 shilling par unité métallique et par tonne, au change de 6 (6 pences par mil-reis), le prix de vente représente 90.000 reis et laisse, par suite, un bénéfice net de 32.660 reis par tonne.

INFLUENCE DU CHANGE. — L'influence du change est actuellement, pour l'industrie du manganèse au Brésil, un élément de prospérité essentiel. Il convient donc d'examiner dans quelles mesures les variations possibles du papier-monnaie brésilien dans l'avenir peuvent influencer sur cette industrie.

Si l'on considère le tableau des frais qui forment le prix de revient, on voit qu'il y figure des éléments qui ne sont pas influencés directement par le change, et d'autres qui, au contraire, suivent les oscillations du cours du change.

Dans les frais qui n'obéissent pas à l'influence directe du change, il y a des éléments qui, comme la main-d'œuvre de l'extraction, varient à la longue et indirectement avec le change.

C'est seulement la redevance au propriétaire des terrains qui est complètement étrangère au change. On peut donc dresser le tableau suivant :

I. Élément invariable avec le change.	{	1° Redevance au propriétaire ;	
		2° Impôts.	
II. Élément variant à la longue et indirectement avec le change	{	1° Main-d'œuvre.	1° Extraction ;
			2° Transport au Chemin de fer ;
			3° Chargements, déchargements ;
			4° Frais généraux ;
III. Élément payé en monnaie or . .	{	2° Transport par le Chemin de fer central ;	
		Fret sur l'Angleterre ;	
		Commissions, frais pour la vente, etc.	

Il est clair que les divers sous-éléments dans lesquels se subdivise le prix de revient varient suivant une loi trop capricieuse pour que l'on puisse établir à l'avance un calcul mathématique de leurs variations avec le change ; néanmoins, en faisant entrer en ligne de compte tous les cas probables, on peut arriver à des résultats suffisamment approchés.

La main-d'œuvre doit être examinée d'abord, comme l'un des éléments importants du prix de revient. Le papier-monnaie du

Brésil s'est déprécié peu à peu de 400 p. 100, et en même temps les salaires n'ont haussé que d'environ 100 p. 100. Si le change venait à monter et à revenir au pair, les salaires pourraient diminuer un peu, mais seulement lentement et à la longue, d'autant plus que, avec la hausse du change, de nombreuses industries se développeraient sans doute, et cela rendrait la main-d'œuvre plus rare et plus chère.

En ce qui concerne les frais de transport par le chemin de fer central, il est probable qu'ils ne pourront guère être réduits, et le tarif qui était en vigueur au commencement de 1897, à savoir 8.000 reis par tonne pour un parcours d'environ 500 kilomètres, ne peut, réellement, guère être abaissé. Actuellement le manganèse jouit, sur le Chemin de fer central, d'un prix de faveur qui représente une réduction de 40 p. 100 sur les tarifs les plus bas.

Ainsi, avec la hausse du change, le prix de vente (évalué en papier-monnaie aujourd'hui déprécié) diminuera dans une forte proportion, tandis que les éléments du prix de revient pourront (et encore quelques-uns d'entre eux seulement) diminuer lentement et à la longue, mais dans une proportion bien moins accentuée.

QUANTITÉS EXPORTÉES. — Les quantités de minerai de manganèse sorties par le port de Rio ont été les suivantes, d'après les relevés officiels :

	Tonnes.
1895.....	6.765
1896.....	13.020
1897.....	17.967
Janvier-août 1898	11.141

Extrait de la brochure O Manganéz no Brazil, par M. M. AR-ROJADO RIBEIRO LISBOA ; traduction de M. A. THIRÉ, Ingénieur civil des Mines, professeur à l'École des Mines d'Ouro-Preto).

GITES DE FER DE KIRNAVARA ET LUOSSAVARA (SUÈDE).

Les études faites en vue du prolongement jusqu'à la côte norvégienne, à la hauteur des îles Lofoten, du chemin de fer qui, partant de Luléa sur la Baltique, s'arrête aujourd'hui à Gellivara, ont appelé l'attention sur d'importants amas de minerai de fer à portée desquels doit passer la ligne projetée. Ces gisements, connus, du reste, depuis longtemps, mais demeurés inexploités jusqu'ici, en raison de leur éloignement de la côte et de l'absence de tout moyen de transport, ont fait récemment l'objet d'une étude spéciale de la part d'un ingénieur géologue, M. Lundholm, chargé par l'État d'une mission à cet effet. M. Lundholm a fait parvenir au *Kommers-Kollegium* le résultat de ses travaux, qui peut se résumer comme suit.

Les gisements de minerai de Kirnnavara et Luossavara sont, au point de vue de la quantité, les plus considérables de la péninsule scandinave. Ils consistent, pour la plus grande partie, en magnétite mélangée parfois d'hématite.

A Kirnnavara, le minerai est accumulé en masse compacte sur une longueur de 3 kilomètres et demi. Il forme une chaîne de petites collines s'élevant de 178 à 249 mètres au-dessus du lac voisin de Luossajarvi. La puissance du gîte varie de 34 à 152 mètres et paraît diminuer en profondeur. Quoi qu'il en soit de cette circonstance, sur laquelle on ne peut encore se prononcer définitivement, et en la supposant établie, la quantité de minerai existante au-dessus du niveau du lac a été évaluée à 215 millions de tonnes, des quantités considérables, pour lesquelles on ne saurait aujourd'hui indiquer un chiffre, devant se trouver, en outre, au-dessous de ce niveau.

A Luossavara, on constate l'existence de plusieurs amas. Des explorations magnétiques et quelques forages ont permis de constater que le plus étendu et le plus important s'étend sur une longueur de 1 kilomètre et demi et une épaisseur de 30 à 55 mètres, et un sondage a montré que l'inclinaison du gîte, prise à l'extrémité sud, était de 75° et que l'épaisseur diminuait avec la profondeur. Une évaluation de la quantité, avec les données actuellement acquises, ne saurait être tentée; cependant, en admettant

que la puissance décroisse en profondeur, comme paraît l'indiquer le sondage pratiqué, on peut évaluer à 18 millions de tonnes le minerai existant au-dessus du niveau du lac.

On peut donc estimer que, dans les deux gisements, il existe au moins 233 millions de tonnes de minerai au-dessus du niveau des eaux, et l'on est certain qu'il y en a encore une masse considérable au-dessous de ce niveau. De plus, une partie importante du gîte pourra être exploitée à ciel ouvert.

Une circonstance particulièrement intéressante au point de vue de l'exploitation, c'est qu'à Kirrnavara et, vraisemblablement aussi, à Luossavara, autant qu'on peut en juger d'après les recherches faites, le minerai est compact, sans mélange de roche stérile. Il se présente partout en masse dure, traversée par de nombreuses fissures, de telle sorte qu'à l'abatage à la dynamite il tombe en menus morceaux, mais non en poussière. Il offre, du reste, plusieurs variétés. Au point de vue, notamment, de la teneur en phosphore, qui influe sur la valeur et sur la qualité du métal, on peut distinguer plusieurs sortes, qui tantôt se rencontrent séparément, tantôt sont intimement mélangées et doivent alors être traitées en même temps. Ce sont :

a) Du minerai à très faible teneur de phosphore, de 0,03 p. 100 ou, exceptionnellement, au dessous, jusqu'à 0,1 p. 100 ;

b) Du minerai avec teneur moyenne de phosphore de 0,1 à 0,8 p. 100 ;

c) Du minerai avec haute teneur de phosphore, de 0,8 à 1,5 p. 100 ;

d) Du minerai avec très haute teneur de phosphore, de 2 à 3 p. 100 et, parfois, jusqu'à 5 et 6 p. 100.

A Luossavara, la plus grande quantité du minerai contient de 0,1 à 0,8 p. 100 de phosphore. A Kirrnavara, la masse a une teneur plus forte, en moyenne plus de 1 p. 100, très souvent de 1 à 3 p. 100, et dans quelques parties, qui ne sont pas sans importance, de 4 à 5 p. 100. En somme, on peut dire que le minerai de fer de Kirrnavara est plus phosphoreux qu'aucun autre minerai connu exploitable en grande masse.

L'apatite, à la présence de laquelle le minerai de ces gisements doit sa teneur en phosphore, se présente tantôt à l'état d'extrême division dans la magnétite, tantôt sous une forme granuleuse, mais toujours trop intimement unie au minerai de fer pour qu'on puisse, par un procédé mécanique, l'éliminer assez complètement pour constituer un minerai pauvre en phosphore.

En dehors de l'apatite, il y a peu de matières mélangées au

minéral, de sorte que la teneur en fer est très considérable. Dans plus de 60 p. 100 des essais faits sur des minerais pris à Kirnnavara, la teneur a varié de 67 à 71 p. 100, et dans 21 p. 100 de 60 à 67 p. 100.

A Luossavara, la teneur moyenne a été de 67 à 70,55 p. 100. Les forages ont prouvé que le minerai profond varie, au point de vue de la teneur en phosphore et en métal, comme celui de la surface. Dans les couches profondes on rencontre parfois du path d'Islande.

La teneur en soufre ne dépasse qu'exceptionnellement 0,05 et 0,08 p. 100. La teneur en titane, d'après les recherches faites jusqu'à ce jour, varie de 0,32 à 0,95 à Kirnnavara, et de 0,94 à 1, et un peu au-dessus, à Luossavara.

(Extrait d'un Rapport adressé à M. le Ministre des Affaires étrangères, par M. TEYSSIER, chargé d'affaires de la République Française à Stockholm.)

NOTE

SUR LES CHOCS CAUSÉS PAR L'EAU

DANS

LES CONDUITES DE VAPEUR ·

ET SUR LES RUPTURES DE VALVES EN FONTE

Par M. C. WALCKENAER, Ingénieur en chef des Mines,
Rapporteur près la Commission centrale des Machines à vapeur.

I

On ne se méfie pas assez, dans l'installation des conduites de vapeur, des chocs auxquels peut donner lieu l'eau de condensation que certaines dispositions de tuyauterie laissent s'accumuler. Les effets de ces chocs sont particulièrement dangereux, lorsqu'ils s'exercent contre les parois des boîtes des valves de prise ou d'admission de vapeur; ces boîtes sont généralement en fonte et ne sauraient impunément subir l'assaut des coups de marteau d'eau. De là des ruptures de ces boîtes de valves, qui entraînent parfois de graves accidents de personnes et sur lesquelles M. le Ministre des Travaux publics, par une circulaire en date du 4 janvier 1899, vient de prescrire aux ingénieurs en chef des Mines de faire appeler l'attention des usagers de chaudières à vapeur.

Lorsqu'un tuyau forme cul-de-sac, l'une de ses extrémités étant fermée ou presque fermée par une valve close ou seulement entr'ouverte, et que dans ce tuyau

un paquet d'eau est mis en mouvement vers l'extrémité fermée sous l'action de vapeur vive affluant à l'autre extrémité, il arriverait, si le tuyau contenait de l'air ou un gaz analogue, que ce gaz, plus ou moins emprisonné entre la masse d'eau en mouvement et l'extrémité fermée du tuyau, serait comprimé par ce piston liquide, formerait tampon élastique et amortirait le choc.

- Mais quand c'est seulement de la vapeur d'eau qui coexiste dans le tuyau avec le liquide, les choses ne se passent pas ainsi. La vapeur d'eau interposée entre le piston liquide et le fond du tuyau ne peut subsister, eu égard à la rapidité avec laquelle elle cède sa chaleur au liquide, qu'à la température de l'eau et des parois humides et à la tension de saturation correspondant à cette température. Si les circonstances faisaient qu'à un instant donné cette vapeur fût à une température et à une tension supérieures, elle subirait immédiatement, au contact de l'eau et des parois, et pour ainsi dire subitement si le contact était suffisamment étendu, une condensation partielle, et ce qui subsisterait à l'état de vapeur se trouverait ramené à l'état ci-dessus. Quand le piston liquide s'avance contre cette vapeur plus ou moins emprisonnée et en réduit le volume, elle ne passe pas nécessairement à une tension supérieure ; il peut même arriver qu'elle se condense dans le même temps avec une rapidité telle que sa pression s'abaisse, qu'il se produise par suite un appel de plus en plus énergique de la masse en mouvement ; finalement il y a choc.

La théorie ne permet guère de calculer l'intensité des forces mises en jeu par les phénomènes de ce genre ; mais elle admet que ces forces puissent être considérables. En fait, les chocs de cette nature donnent lieu, dans certaines circonstances, à des effets d'une intensité surprenante. C'est ce qu'ont mis en évidence, notamment, les expériences effectuées aux ateliers de construction de la

marine allemande, à Wilhelmshaven (*), et déjà signalées à l'attention des lecteurs des *Annales des Mines* par M. Raymond(**). Rappelons seulement l'une d'elles : Un tube de 31 cm de diamètre et 6^m,88 de longueur, en cuivre de 6 mm d'épaisseur, fermé aux deux bouts, et légèrement incliné sur l'horizontale, contient une certaine quantité d'eau. Cette eau n'occupe nulle part la section entière du tube; là où elle est le plus abondante, c'est-à-dire à l'extrémité basse, le plan d'eau se trouve à 0^m,23 au-dessus de la génératrice inférieure; à l'autre extrémité, cette génératrice ne se trouve couverte que de 2 cm d'eau, la différence de niveau entre les deux bouts du tube étant 0^m,21. A l'extrémité la plus basse, au-dessous du niveau de l'eau, on fait arriver de la vapeur; cette vapeur est amenée de la conduite générale de l'atelier, qu'alimentent des chaudières dont la pression de fonctionnement est 5 kg par cm², par un branchement de 8 cm de diamètre que termine une soupape à main de 50 mm. A l'autre extrémité du tube, se trouvent deux robinets d'évacuation, l'un près de la génératrice inférieure, l'autre près de la génératrice supérieure; ces robinets sont laissés ouverts. — Au début, il se faisait une évacuation régulière d'eau et d'air respectivement par ces deux robinets; puis, au bout d'un temps d'autant moins long que la soupape d'arrivée de vapeur était plus largement ouverte, survenaient des secousses et des réactions violentes; les robinets d'évacuation de l'extrémité haute du tube crachaient par à-coups, et quatre manomètres à maxima, dont 3 placés le long de la génératrice supérieure et le 4^e greffé sur l'obturateur de l'extrémité haute

(*) *Recherches sur les causes des ruptures de tuyaux à bord des navires de Sa Majesté*, effectuées aux chantiers impériaux de Wilhelmshaven (*Marine Rundschau*, 5^e année, mars 1894, p. 77 et suiv.).

(**) *Note au sujet de l'alimentation des chaudières dans la vapeur* (*Annales des Mines*, 9^e série, t. XII, p. 533 et suiv.).

du tube, accusaient des efforts parfois considérables. Lors d'un essai où la soupape d'arrivée de vapeur était ouverte aux $3/5$, les trois premiers manomètres marquèrent respectivement 34, 27, 65 kg par cm^2 , celui du bout fut brisé, l'obturateur portant ce manomètre fut bombé et le tube lui-même gonflé à son extrémité. Lors d'un autre essai, avec même ouverture de la soupape d'introduction de vapeur, les manomètres de la génératrice supérieure marquèrent 22, 13 et 60 kg par cm^2 ; celui du bout, gradué jusqu'à 150 kg par cm^2 , dépassa la limite de sa graduation, et le tube se déchira, au voisinage de son extrémité haute, sur une longueur de 21 cm.

Les observations et les expériences de M. Moritz(*) et de M. Raymond(**) ont montré, de la façon la plus claire, que c'est à des effets du même genre qu'il faut attribuer ces chocs alarmants et d'abord inexpliqués, qui, à bord de plusieurs bâtiments de la flotte française, ont ébranlé les tuyaux d'alimentation débouchant dans la vapeur des chaudières. Ainsi, lorsque ces tuyaux se prolongeaient à l'intérieur de la chambre à vapeur par une pipe horizontale, il arrivait, à certains moments, par suite de la discontinuité de l'action de la pompe alimentaire, que l'eau relativement froide injectée par cette pompe s'étalait rapidement sur une partie seulement de la section de la pipe. La vapeur, après avoir occupé au-dessus de cette eau l'espace laissé libre dans la pipe et dans la boîte du clapet régulateur d'alimentation, s'y condensait presque aussitôt par l'effet de son contact étendu avec l'eau et avec les parois froides de la boîte du clapet; un appel énergique de vapeur sous pression avait lieu à l'extrémité libre de la pipe, et le liquide, violemment refoulé dans le sens de

(*) *Note sur les chocs dans les tuyautages d'alimentation des chaudières* (Annales des Mines, 9^e série, t. XII, p. 513 et suiv.).

(**) *Loc. cit.* — Les mémoires de M. Moritz et de M. Raymond portent tous les deux la date d'août 1893.

cet appel, allait faire marteau d'eau à l'autre extrémité de la pipe et dans la boîte du clapet. Il a suffi à M. Raymond de reproduire artificiellement ce phénomène dans une pipe mesurant 5 cm de diamètre, 1^m,40 de longueur, et crépinée à sa partie inférieure sur la moitié de cette longueur, à l'intérieur d'un récipient contenant de la vapeur à la pression de 11 kg par cm², pour obtenir des chocs qui ont cassé le joint de boîte à clapet et gonflé la pipe sur une longueur de 15 cm.

C'est vraisemblablement à des phénomènes plus ou moins analogues qu'il faut rapporter les coups d'eau qui se produisent dans certaines tuyauteries de vapeur et viennent briser la fonte des boîtes de valves. M. Schmidt, dans des communications faites en 1892 et en 1896 aux Congrès des Ingénieurs en chef des Associations de Propriétaires d'appareils à vapeur (*), en a déjà montré des exemples. On se propose, dans ce qui suit, de résumer quelques accidents récents dont le rapprochement paraît instructif.

II

Le 9 août 1897, dans une station électrique sise à Villefranche (Rhône), la boîte d'une valve de prise de vapeur s'est rompue, et il en est résulté, pour le chauffeur de l'usine, des brûlures qui ont entraîné trois mois d'incapacité de travail.

Cette station électrique possède deux chaudières Babcock et Wilcox, qui fonctionnent alternativement et servent de rechange l'une à l'autre. Elles sont timbrées pour la

(*) *Compte rendu des séances du XVI^e Congrès des Ingénieurs en chef des Associations de propriétaires d'appareils à vapeur*, page 68 : Accident à un clapet d'arrêt de vapeur. — *Compte rendu des séances du XX^e Congrès*, page 28 : Explosion partielle d'un clapet d'arrêt de vapeur dans une distillerie.

pression de 10 kg par cm^2 et fonctionnent normalement à celle de 7. La *fig. 1* donne le plan de cette installation. C'est la chaudière n° 2, ou chaudière de droite, qui se trouvait en pression ; c'est la valve de prise de vapeur de la chaudière n° 1 ou de gauche, la chaudière froide, qui a donné lieu à l'accident.

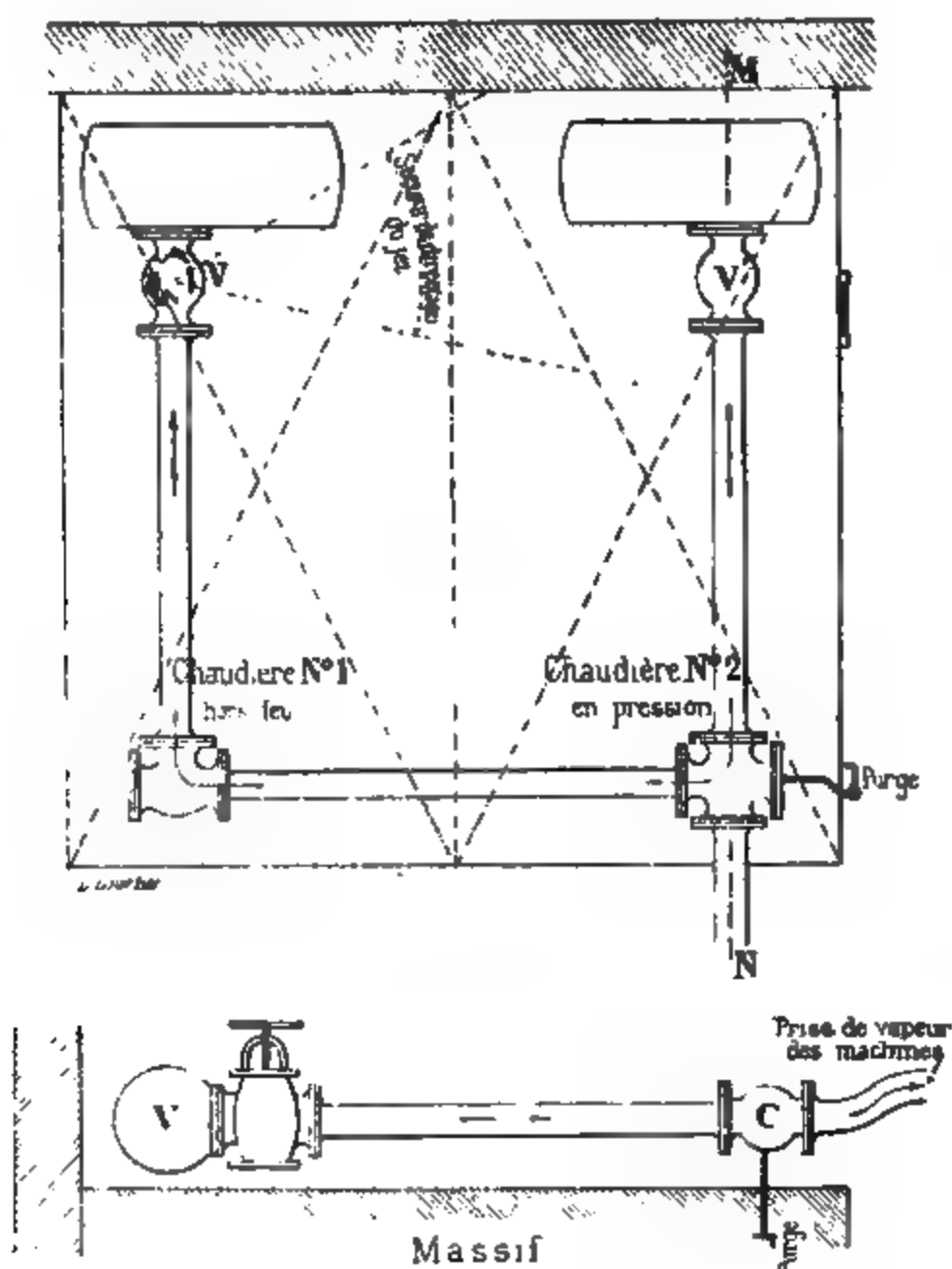


FIG. 1 et 2. — Plan de l'installation, à Villefranche, et coupe suivant MN.

Les *fig. 1* et 2 montrent qu'à partir des deux valves de prise de vapeur V et V', qui sont placées à l'arrière de la

plate-forme supérieure des massifs, deux tuyaux courent horizontalement d'arrière en avant sur cette plate-forme à l'avant ils sont reliés l'un à l'autre par un tuyau transversal; cet ensemble de tuyaux horizontaux forme le trois côtés d'un rectangle, et c'est de l'un des angles de ce rectangle, du point C, que part la conduite allant aux machines, laquelle se relève à un niveau supérieur. Par conséquent, dans l'ensemble des trois tuyaux horizontaux, l'eau de condensation a tendance à s'accumuler. Elle s'y accumule, en effet, durant l'arrêt quotidien des machines, la vanne de prise de vapeur de la chaudière qui reste en pression laissant passer un peu de vapeur soit qu'on ne la serre pas à fond, soit qu'elle ne soit pas tout à fait étanche.

Un purgeur est disposé à l'angle C d'où part la conduite allant aux machines; il fallait longtemps à ce purgeur pour évacuer toute l'eau de condensation de la tuyauterie le jour de l'accident, par suite de circonstances quelconques; il est manifeste que la tuyauterie contenait une certaine quantité d'eau, lorsque le chauffeur se mit en devoir d'ouvrir la prise de vapeur de la chaudière de droite.

FIG. 3. — Rupture de la valve V de la chaudière n° 1 (Villefranche).

En effet, ce chauffeur, monté sur le massif et tenant en main le volant de la prise de vapeur, avait tourné ce volant de 4 ou 5 tours, lorsqu'il entendit un claquement dans la tuyauterie. Il continua d'ouvrir; mais il entend

un second claquement plus violent, et aussitôt la boîte de valve V de la chaudière froide se brisa, de la manière représentée *fig. 3*, livrant passage à un jet qui fut assez violent pour aller marquer d'un sillon large et profond l'enduit du mur de fond de la chaufferie. Brûlé et aveuglé, le chauffeur ne put retrouver l'échelle et tomba en bas du massif, d'une hauteur de 3^m,50.

La section de rupture de la fonte était saine. Les claquements entendus par le chauffeur ne laissent aucun doute sur la nature de l'accident.

III

Non moins caractéristiques sont les circonstances d'un grave accident survenu, le 5 janvier 1898, dans une filature, à Tourcoing. Ici la valve de prise de vapeur qui s'est brisée est celle même qu'on manœuvrait. Le chauffeur occupé à cette manœuvre a été brûlé par l'eau et la vapeur, atteint par les débris de la valve, et il est mort le lendemain.

L'installation comprend, comme le montrent les *fig. 4* et *5*, cinq générateurs, dont quatre chaudières à grand volume et un générateur Babcock et Wilcox. Les quatre grandes chaudières ont leurs prises de vapeur sensiblement au même niveau, tandis que la prise de vapeur de la chaudière Babcock et Wilcox est en contre-bas de 1^m,50 ou 1^m,75 par rapport aux autres. Comme déjà chacune des prises de vapeur des grandes chaudières est reliée au collecteur général de vapeur par un branchement en forme d'U renversé, dont la partie horizontale est à 1 m ou 1^m,25 au-dessus de la valve correspondante, il en résulte que le tuyau partant de la valve de la chaudière Babcock et Wilcox s'élève à une hauteur de 2^m,65 au-dessus de la bride supérieure de cette valve, avant de venir se raccorder sur la partie horizontale du branchement de la chaudière à grand corps voisine.

Dans la journée, la chaudière Babcock et Wilcox coo-

24

FIG. 4 et 5. — Coupe et plan de l'installation, à Tourcoing.

père avec les générateurs à grand corps à la production

7E SUR LES CHOCs CAUSÉS PAR L'EAU

vapeur. Pour la nuit, tandis que ceux-ci sont en communication avec le collecteur général, la valve Babcock et Wilcox, où la pression baisse rapidement par la fermeture de sa prise de vapeur. Le matin, après avoir fait remonter la pression dans la chaudière Babcock et Wilcox à la même que dans la chaudière à grand corps voi-

de là que, pendant toute la nuit, le tuyau qui relie la valve de la chaudière Babcock et Wilcox au collecteur où l'eau de condensation s'accumule se rompit. Ce tuyau, ayant un tracé doublement en U, environ 4 m de développement, et, par suite, le diamètre intérieur étant 87 mm, une capacité de 10 litres. C'est un tuyau de cuivre de 4 mm d'épaisseur. Le matin, lorsqu'on ouvrait la valve, il se produisait de fortes vibrations et des claquements.

Quelques minutes avant l'accident qui devait entraîner la rupture du tuyau, la valve s'était fendue, mais sans s'écarter. On l'avait purement et simplement remplacée par une autre pareille : valve à boîte en fonte, de forme ovoïde, dont le clapet reposait sur un diamètre de 87 mm. Cette pièce, que les *fig. 6 à 8*, après sa rupture, avait été éprouvée à 15 kg/cm² par le constructeur.

Le matin, quelques minutes avant 6 h. du matin, le mécanicien procédait à la manœuvre quotidienne d'ouverture de la nouvelle valve, lorsqu'elle céda à son tour, et ce, d'une manière violente, en se divisant en deux parties (voir les *fig. 6 et 7*). « La partie antérieure, pendant la manœuvre, rapporte M. l'ingénieur M. Erscher, fut projetée et renversa le malheureux dans l'espèce de fosse (de 90 cm de largeur et de 1 m de profondeur), située en contre-bas de la chaudière (en M de la *fig. 5*). Quand

on put pénétrer dans la chambre où il se trouvait, ce qui fut long, la plate-forme n'ayant d'autre dégagement que la porte (P) par laquelle la plate-forme de la chaudière Babcock communiquait avec celle de la chaudière à grand corps voisine(*), le chauffeur était couvert de brûlures qui entraînèrent sa mort le lendemain de l'accident. On

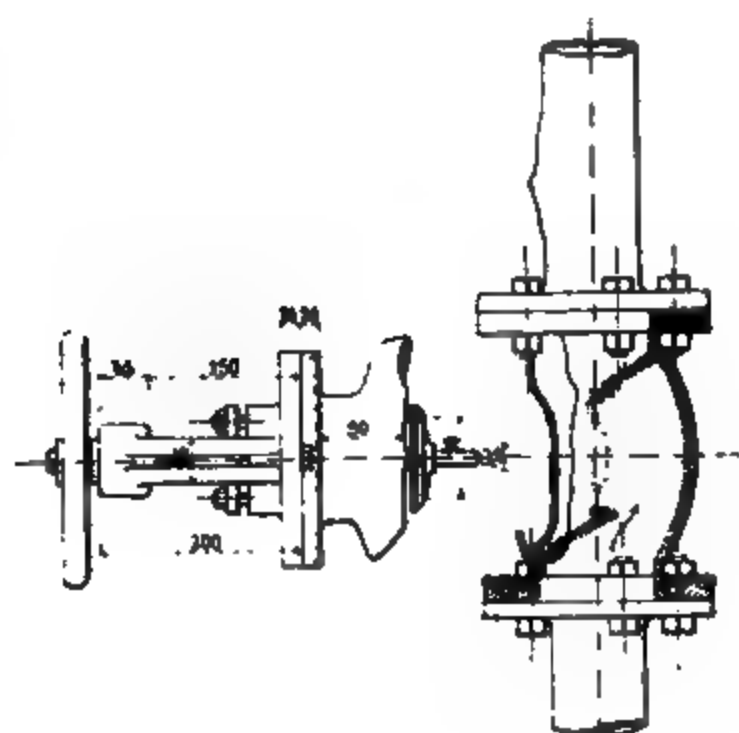


FIG. 6, 7 et 8. — Rupture de la valve et du tuyau de prise de vapeur de la chaudière n° 5 (Tourcoing).

a constaté que la vis de manœuvre avait été tournée de trois tours environ depuis sa position correspondant à la fermeture du clapet. Celui-ci était ainsi ouvert de 7 mm environ. »

(*) Les clapets automatiques d'arrêt de vapeur, dont les autres chaudières étaient pourvues, ont bien fonctionné et ont empêché le déversement de la vapeur de ces chaudières.

NOTE SUR LES CHOCS CAUSÉS PAR L'EAU

te brisée était saine. Il est vrai que son épaisseur, e sans doute d'un décentrage du noyau, était irrégulière variait de 8 mm à 14^{mm},5. Mais ce qui d'une manière irréfutable que la rupture de la est produite sous un effort anormal et intense, e l'explosion de cette boîte n'a pas été la seule le tuyau de cuivre, de son côté, s'est fendu au e de son extrémité inférieure, suivant une génératrice sur 14 cm de longueur, en formant une boutonnière de 15 mm de bâillement, ainsi qu'on le voit *fig. 7*

IV

le 6 juin 1898, c'est dans une fabrique de rubans, à Valenciennes (Nord), qu'un accident du même genre est survenu causant au chauffeur des brûlures qui ont entraîné l'incapacité de travail de cinq semaines. Comme dans le précédent, la boîte qui s'est rompue est celle d'une prise de vapeur qui terminait un cul-de-sac où la condensation devait s'accumuler, et la rupture a été produite au moment où le chauffeur venait d'ouvrir brusquement cette valve.

Les dispositions générales de l'installation sont indiquées sur la *fig. 9*. Les chaudières, au nombre de deux, sont timbrées à 8 kg ; chacune d'elles offre une capacité de 13 m³ ; on a représenté, sur le dessin, que les réservoirs supérieurs de vapeur. Le réservoir de la chaudière n° 2 est à un peu plus haut qu'un peu inférieur à celui de l'autre chaudière, de sorte qu'à partir de la valve de 14 cm, qui sert d'organe de prise de vapeur sur cette chaudière n° 2, le tuyau de 15 cm de diamètre, qui fait suite à cette valve, présente une pente montante, mais très légère, atteignant à peine 0° 12 ; ce tuyau se relève en effet de 0^m,12 sur une

longueur de 3^m,50; comme son diamètre est 0^m,15, on voit qu'il peut avoir, à un moment donné, sur toute sa longueur, de l'eau n'occupant qu'une partie de sa section.

FIG. 9 et 10. — Coupe et plan de l'installation, à Wervieq.

Au début de la journée de travail, quand les deux générateurs devaient fonctionner simultanément, le chauffeur avait, paraît-il, l'habitude d'ouvrir d'abord la valve du n° 1, puis celle du n° 2 qui avait en général, à ce moment, une pression moins forte que l'autre. Cet ouvrier rapporte qu'à l'ouverture de la valve du n° 2 il se produisait toujours des chocs violents; quelque temps avant l'acci-

NOTE SUR LES CHOCs CAUSÉS PAR L'EAU

prises de vapeur, telles que B, reliées par des siphons en col de cygne à une conduite collectrice de M de 33 cm de diamètre; puis, à l'extrémité de cette batterie, un quatrième générateur, du type Say, avait sa prise de vapeur A placée à un niveau inférieur et reliée au collecteur M par un branchement de 16 centimètres de diamètre, de la manière que montrent clairement les dessins.

On ne l'ont fait judicieusement remarquer MM. Olry et, il résulte de cette disposition « qu'en cas d'arrêt du générateur n° 4, de l'eau condensée vient s'accumuler au-dessus de la valve de prise de vapeur de cet appareil: l'eau de cette eau peut s'élever jusqu'à hauteur des joints des tuyaux de vapeur des trois autres chaudières dans la conduite collectrice; elle commence donc à remplir la partie verticale *ab*; après quoi elle s'étale sur la partie horizontale *bc*; à partir de ce moment, sa surface libre se trouve en très large contact avec la paroi de la conduite.

Pour permettre l'évacuation de cette eau, on avait au-dessus de la valve de prise de vapeur du générateur n° 4 un robinet de purge, suivi d'un tuyau d'écoulement.

Un matin, lors de la mise en marche, le chef mécanicien ouvrit légèrement ce robinet, pour faire sortir l'eau qui s'était dû se condenser en assez grande quantité pendant l'arrêt.

Quelques instants après, l'alimenteur survint, et ne sachant pas pourquoi — ouvrit en grand ce même robinet. Cette manœuvre occasionna presque aussitôt des chocs et un ébranlement général de toute la conduite de vapeur; l'alimenteur se précipita alors sur le robinet (pour le fermer) pour le fermer, mais, au même instant, le tuyau se déchira au voisinage du point *a*, en laissant échapper des fluides brûlants, par lesquels cet ouvrier fut grièvement blessé qu'il succomba quelques heures après.

après... La déchirure suivait la brasure sur une longueur de 0^m,75; elle se terminait en pointe vers le haut; du côté opposé, à proximité de la bride en contact avec le clapet de retenue de vapeur de la chaudière, elle s'étendait transversalement sur la moitié environ de la section du tuyau; la plaie avait une ouverture maxima de 0^m,16 (*).

Il est probable que, dans ce cas, l'ouverture du robinet de purge a produit un effet équivalent au commencement d'ouverture de la valve lors de l'accident de Wervicq.

Dans un cas comme dans l'autre, par l'effet de l'écoulement et à raison du tracé de la tuyauterie, il a dû arriver qu'à un instant donné l'eau de condensation, après avoir occupé sur une longueur notable une partie seulement de la section d'un tuyau horizontal ou presque horizontal, s'est trouvée mise en mouvement, poussée d'un côté par la vapeur vive, et arrivant à former un piston liquide en arrière duquel il y avait le vide, ou peu s'en faut, puisque la vapeur s'y trouvait en contact étendu avec l'eau et les parois froides.

V

Nous mettrons encore en regard de ces accidents deux cas plus anciens de ruptures de boîtes de prise de vapeur, qui ont présenté l'un avec l'autre de frappantes analogies, et dont, à l'époque, les causes ont paru incertaines ou incomplètement précisées. Ces ruptures se sont produites, l'une le 18 avril 1891, dans une minoterie à Por-

(*) *Compte rendu des séances du XXI^e Congrès des Ingénieurs en chef des Associations de propriétaires d'appareils à vapeur*: 22^e question Accidents de tuyauteries de vapeur: Note de MM. Olry et Bonet, p. 275. Voir dans le même volume, p. 286, un accident cité par M. Walther-Meunier et considéré par lui comme attribuable avec vraisemblance à un coup d'eau, et, p. 289, le cas cité par M. Compère d'un tuyau d'alimentation dans la vapeur, qui s'est à plusieurs reprises gonflé et rompu; il s'agit ici apparemment d'un fait analogue à ceux étudiés par MM. Moritz et Raymond.

nic (Loire-Inférieure), l'autre pendant la nuit du 9 au 10 juillet 1896, dans une brasserie, à Paris. La production des coups de marteau d'eau n'y apparaît pas avec la même évidence qu'à Villefranche, à Tourcoing ou à Wervicq; on retrouve cependant, dans la physionomie de ces accidents, des traits qui s'expliquent bien par l'intervention de cette cause commune.

Dans l'un et l'autre de ces deux cas, comme dans l'accident de l'usine électrique de Villefranche, l'établissement possédait deux chaudières, dont l'une était en pression et l'autre froide, et c'est la boîte de la valve de prise de vapeur de la chaudière froide qui s'est brisée. Mais, tandis qu'à Villefranche la rupture s'est produite à l'ouverture de la prise de vapeur de la chaudière en pression, à Pornic et à Paris c'est la valve même du générateur inactif que le chauffeur s'occupait de manœuvrer, lorsque la boîte de cette valve a fait explosion. Notons qu'il s'agissait de valves neuves, et de conduites dont la disposition était nouvelle; car, tant à la minoterie de Pornic qu'à la brasserie de Paris, la chaudière froide était une chaudière récemment installée, qui n'avait pas encore servi ou n'avait été allumée que pour essais.

Dans la première de ces usines, la chaudière ancienne était timbrée à 6 kg, la nouvelle à 7. Leurs valves de prise de vapeur, d'un même modèle, étaient greffées horizontalement sur leurs dômes respectifs; les boîtes de ces valves, d'une capacité de 2 ou 3 litres et d'un modèle dont il existe un grand nombre d'exemplaires, étaient en fonte de 10 mm d'épaisseur; elles avaient été éprouvées par le constructeur à la pression hydraulique de 20 kg par cm².

De chacune de ces boîtes de prise de vapeur partait un tuyau qui s'élevait verticalement de 75 cm, puis se recourbait presque à angle droit, mais en conservant une légère pente vers le générateur; enfin ces tuyaux aboutissaient sur le collecteur alimentant les machines. Il

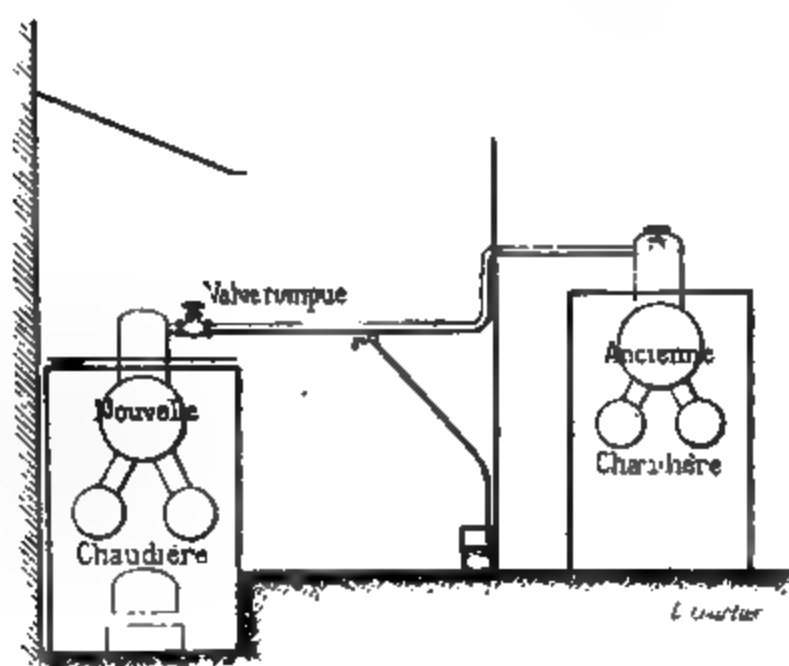
résulte de ces dispositions que, lorsqu'une chaudière était en service, tandis que l'autre était froide et avait par conséquent sa valve fermée, le tuyau correspondant à celle-ci formait un cul-de-sac en contre-bas, où l'eau de condensation ne pouvait faire autrement que de s'accumuler et de se refroidir.

Il paraît que le chauffeur avait pris l'habitude de purger cette eau deux ou trois fois par jour, en ouvrant légèrement la valve jusqu'à ce qu'il vit sortir de la vapeur par un des orifices de la chaudière froide, puis refermant. C'est pendant qu'il procédait à une opération de cette espèce que la boîte de la valve se brisa en trois fragments. Par suite d'une circonstance spéciale, trois ouvriers, en outre du chauffeur, se trouvaient présents sur le massif. La vapeur envahissant le local, les quatre hommes s'enfuirent; deux d'entre eux vinrent tomber dans une sorte de fosse, profonde de 3^m,15, qui se trouvait à l'arrière de la plateforme, et, dans cette chute, l'un de ces ouvriers fut blessé si grièvement qu'il expira le lendemain.

La boîte rompue, qui n'était en place que depuis quelques jours, n'a montré, dans ses surfaces de rupture, ni soufflure ni autre défaut; le grain de la fonte était fin et régulier, et son épaisseur remarquablement constante.

A Paris, en juillet 1896, l'installation comprenait également deux chaudières, une neuve qui était froide et une ancienne qui fonctionnait (*fig.* 15 et 16). Le timbre de ces deux appareils était 7 kg. La chaudière neuve portait une valve de prise de vapeur dont le clapet mesurait 15 cm de diamètre, et dont la boîte, en fonte, d'une forme à peu près sphérique, offrait un diamètre de 30 cm. La tige commandant le clapet avait une vis dont le pas était de 7 mm et se terminait par un volant à main de 35 cm de diamètre.

Les deux chaudières étaient reliées par une conduite de vapeur traversant une cour de 4^m,25 de largeur et se



Q

FIG. 15 et 16. — Coupe et plan de l'installation, dans une brasserie, à Paris.

recourbant vers le haut pour racheter une différence de niveau de 1^m,15 existant entre les prises de vapeur des deux générateurs. C'est sur la partie haute de cette conduite qu'était branché le tuyau allant aux machines. Quand la chaudière nouvelle ne fonctionnait pas, la partie basse constituait une poche en contre-bas, formant cul-de-sac, qui nécessairement s'emplissait d'eau de condensation. Cette conséquence de l'installation n'avait pas échappé, car on avait muni cette partie de conduite d'un robinet purgeur indiqué *fig. 15*, avec tuyau d'évacuation aboutissant à un baquet.

Il est à remarquer que la conduite en question et la boîte de valve qui la terminait étaient exposées à des condensations actives et à des refroidissements particulièrement importants, se trouvant placées à peu près complètement en plein air.

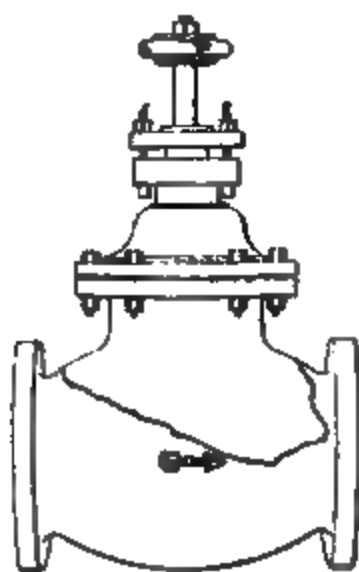
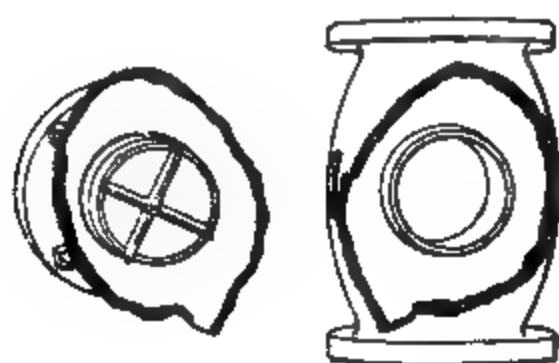


FIG. 17. — Rupture de la valve de la nouvelle chaudière (brasserie, à Paris).

C'était, dit-on, pour vérifier le bon état du fonctionnement de la valve, que le mécanicien et le chauffeur s'étaient portés sur la plate-forme du massif de la chaudière neuve. Ils en avaient pris en mains le volant depuis peu d'instants, lorsqu'il se produisit dans la boîte de

NOTE SUR LES CHOCS CAUSÉS PAR L'EAU

au dire d'un témoin, une fente d'où sortit un jet d'eau. Au bout d'un temps appréciable, la boîte fit explosion : elle se divisa suivant une ligne irrégulière que montrent les *fig.* 17 à 19, autour de la base du siège de son chapeau boulonné. La partie inférieure, siège du clapet, resta en place ; le fragment supérieur fut projeté avec le chapeau, le clapet et la tige de fixation de celui-ci. Plusieurs hommes se trouvaient à leur poste sur le massif : l'un d'eux a été brûlé grièvement.



18 et 19. — Vues de la valve rompue (brasserie, à Paris).

La pièce de fonte rompue était, comme à Tourcoing, à Wervicq, d'une épaisseur assez irrégulière, par suite du décentrage du noyau : elle mesurait de 18 à 20 mm du côté gauche et 12 mm seulement du côté droit. Avec passage progressif d'une de ces valeurs à l'autre. De plus, le métal, soumis à l'analyse chimique, a été trouvé fortement phosphoreux. Mais la surface de la pièce montrait, dans toute son étendue, un grain fin, homogène, gris moyen sans trace de soufflure ou de défaut apparent, et rien n'indiquait une cassure préexistante. Le mécanicien et le chauffeur ont affirmé que la rupture avait été produite avant qu'ils eussent senti le clapet se détacher de son siège, et il a été reconnu, après l'accident, que les deux parties de l'appareil brisé l'on

obtenait le contact du clapet sur son siège en même temps que celui des deux lèvres de la déchirure. Mais on peut aussi supposer que les deux ouvriers avaient refermé le clapet, après l'avoir ouvert pendant quelques instants, ou même que la constatation faite sur la pièce brisée n'est pas entièrement démonstrative.

Sans doute, en l'état des données qui précèdent, il aurait été téméraire de se montrer affirmatif sur les causes de ces deux accidents. Les dispositions des tuyauteries et l'ensemble des circonstances leur donnent cependant un certain air de famille avec ceux où la production de coups d'eau a été directement constatée, et il ne serait pas impossible que l'on dût donner, à l'un et à l'autre, une explication analogue à celle de l'accident de Wervicq.

VI

Ce ne sont pas seulement les valves de prise de vapeur, placées sur les chaudières, qui peuvent être exposées à des avaries de ce genre ; il en est naturellement de même, quand le tracé des tuyauteries y prête, des valves d'admission de vapeur qui terminent les conduites du côté des machines ou des autres appareils dans lesquels la vapeur est utilisée. Voici deux exemples d'accidents de cette espèce, dont les détails nous ont été obligeamment communiqués par M. l'Ingénieur des Mines Herscher.

La *fig. 20* représente, en plan, l'installation de la tuyauterie reliant les chaudières à la machine, dans une usine de Tourcoing. Cette tuyauterie présentait, comme le montrent les cotes inscrites sur le dessin, un contre-bas de 3 mètres par rapport au collecteur de vapeur ; un sécheur, ou plus exactement un séparateur d'eau condensée, formé d'un récipient muni à sa base d'un tuyau de purge, avait été interposé à l'origine de la partie basse.

Puis, au bout d'un tuyau EF de 2^m,40 de développement, se trouvait, à une cote supérieure de 0^m,25 à celle du point E, une valve, du système Pile, commandant l'admis-

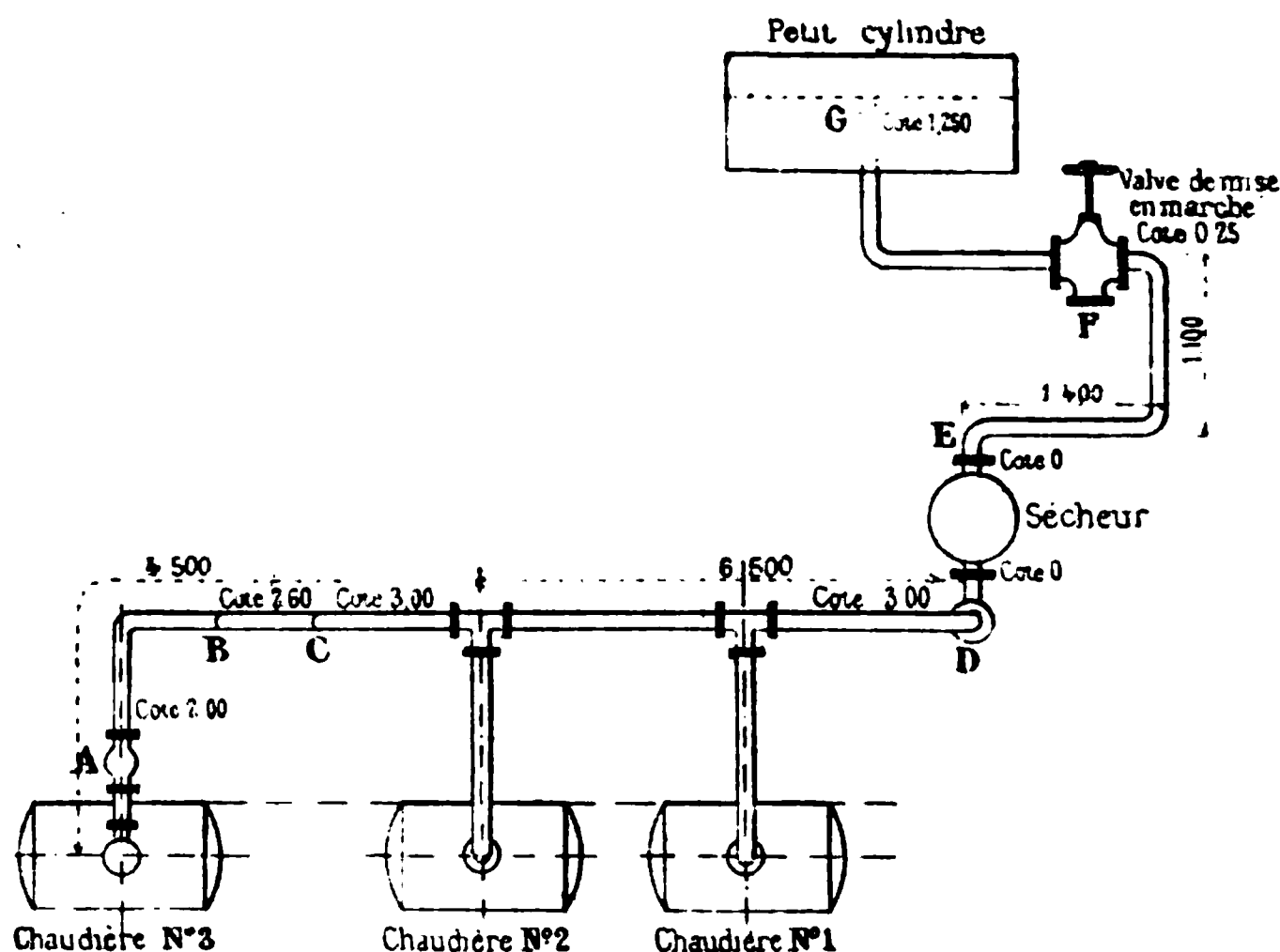


FIG. 20. — Plan coté de l'installation qui a donné lieu à la rupture de la valve d'admission F, à Tourcoing.

sion de vapeur au petit cylindre d'une machine compound. Les chaudières de cette usine fonctionnent à la pression de 12 kg par cm².

C'est le fond de la boîte en fonte de la valve Pile qui s'est rompu, le 9 août 1898, comme le montrent les *fig. 21 à 23*, au moment d'une mise en marche succédant à un arrêt de deux jours. « Le mécanicien, seul témoin, rapporte M. Herscher, affirme avoir, en arrivant, ouvert pendant cinq minutes le robinet de purge du sécheur, puis il se rendit aux chaudières pour ouvrir les valves. Il venait d'ouvrir la valve du n° 3 quand il entendit dans le sous-sol de la machine, où se trouvait placé le sécheur, quatre ou cinq coups espacés d'environ une seconde et de plus en plus forts, qui ébranlèrent toute la tuyauterie.

NOTE SUR LES CHOCS CAUSÉS PAR L'EAU

ni à sa base d'un tuyau pour ramener aux chaudières la condensée, la conduite de vapeur se développait horizontalement sur 3 mètres, puis plongeait verticalement de 60; c'est au bas de cette partie descendante que se trouvait placée la valve d'admission. Le 29 septembre 1898, sept heures du matin, le mécanicien commençait à ouvrir cette valve pour réchauffer le cylindre de la ma-

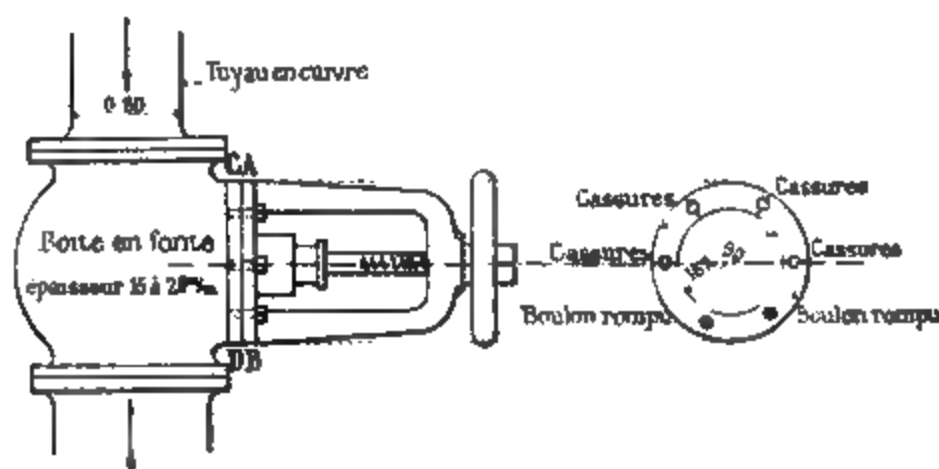


Fig. 25. -- Détail de la valve (fig. 24) et indication des cassures de la bride CD.

re, quand le plateau AB (fig. 25), qui était fixé par six boulons de 12 millimètres prisonniers dans la bride CD, se sépara violemment de cette bride; il y eut rupture de deux boulons inférieurs, et les quatre autres s'arrachèrent de la bride CD, à la faveur de cassures transversales qui se produisirent dans cette bride et en suivant les filets de vis qui les retenaient. Le plateau, avec son arcade, fut projeté à 10 mètres de distance; tout à la tête, le mécanicien fut renversé, couvert de blessures, et l'accident lui coûta la vie.

Il est possible que les ruptures de boîtes de valves, du genre de celles dont nous venons de donner divers exemples, se fassent plus fréquentes depuis que se répand l'usage des pressions élevées. La fabrication de ces boîtes,

LA LOI ANGLAISE DE 1896
SUR
DES MINES DE HOUILLE

Par M. LEPROUX, Ingénieur des Mines.

I. — Objet de la nouvelle législation.

Il a été rendu compte, dans les *Annales des Mines*(¹), M. l'Inspecteur Général Aguillon, des travaux de la mission nommée le 9 février 1891 par le Gouverne-

Anglais pour faire une étude spéciale des moyens d'empêcher les dangers d'explosion causés par les poussées de houille. La traduction des déclarations faites par la Commission a été donnée par M. Chabaud, en 1894, dans le *Bulletin de la Société de l'Industrie minière*.

Déposé le 13 juin 1894, le rapport de cette Commission concluait à la nécessité d'imposer l'emploi d'explosifs sûrs, certifiés sûrs par le Ministère de l'Intérieur, et d'exiger que les coups de mines ne soient tirés dans les galeries poussiéreuses qu'après un arrosage soigné, ou après l'évacuation des travaux.

La conséquence de ce rapport fut le dépôt, en 1895, d'un projet de loi. Mais la discussion de ce rapport ne fut pas terminée en temps utile, et il devint caduc. Un nouveau projet fut alors déposé en 1896; celui-là put être discuté et fut finalement voté après quelques modifications, le 14 août 1896; nous en donnons ci-après la teneur *in extenso* (voir p. 176).

Il s'agissait, en somme, non pas de faire véritablement une loi spéciale et nouvelle, mais de compléter sur deux points — l'emploi des explosifs et la réglementation des mines poussiéreuses — la loi de 1897 sur la réglementation des mines de charbon. On profita de l'occasion qui s'offrait pour proposer en même temps quelques additions ou modifications à cette loi sur divers autres points, intéressant non seulement la sécurité, mais aussi certains droits des ouvriers. C'est ainsi que furent introduites des dispositions relatives aux plans à tenir, aux lampes de sûreté, à l'adjonction de délégués ouvriers dans les arbitrages regardant les mesures de sécurité, à la visite des travaux avant les postes, et enfin aux amendes ou déductions de salaires infligées aux ouvriers, à raison de wagons de charbon trop menu ou trop sale.

Cette dernière clause souleva, comme on devait s'y attendre, des protestations assez vives. Le 2 juin 1896, c'est-à-dire un peu avant la discussion définitive de la loi, une délégation de l'Association des Houillères de Grande-Bretagne vint présenter au Ministre de l'Intérieur quelques objections au projet. La principale objection visait la dernière clause que nous avons énoncée : les délégués insistaient sur l'inutilité et même les inconvénients d'une réglementation légale de ces questions. Le Ministre s'empressa de répondre que le Gouvernement était décidé à ne pas insister sur cette clause, et à s'attacher avant tout au vote des clauses visant la sécurité.

A l'encontre de ces clauses les délégués firent valoir quelques arguments. La visite de tous les travaux avant le poste était déclarée impossible dans un grand nombre de cas, à cause de l'étendue des mines ; on citait un cas où le trajet à faire chaque jour serait de 121 milles. L'adjonction de délégués ouvriers dans les arbitrages aurait dû, disaient les représentants de l'Association, n'être imposée que si une partie notable du personnel

ouvrier le désirait. Enfin ces mêmes représentants demandaient que les mesures tendant à restreindre ou à supprimer, dans telle ou telle mine, l'emploi des explosifs, fussent, comme les autres mesures de sécurité, être soumises à l'arbitrage. Accessoirement l'Association demandait, pour les directeurs de mines, la faveur d'être exemptés des devoirs de juré. Cette dernière demande fut à peine prise au sérieux. Les autres objections furent examinées, mais rejetées, du moins en ce qui concernait la sécurité. Le Gouvernement s'en tint d'ailleurs à la partie du projet qui visait les mesures de sécurité, et il la fit adopter à peu près sans modification.

La loi de 1887 a été traduite et commentée dans les *Annales des Mines*(*). Nous pouvons donc admettre que les lecteurs la connaissent, et les prier de s'y reporter pour l'examen que nous allons faire maintenant des modifications qui y ont été introduites par la loi du 14 août 1896. — Rappelons incidemment que, depuis 1887, une modification avait été apportée au texte primitif par la loi du 25 août 1894, qui avait eu pour unique objet de donner au check-weigher (contrôleur nommé par les ouvriers pour le pesage des berlines) certaines garanties.

Le texte du 14 août 1896 comprend, outre les clauses de forme, six sections distinctes, d'une importance très inégale.

La première augmente notablement les pouvoirs donnés au Ministre de l'Intérieur par les sections 52, 53 et 54 de la loi de 1887. En vertu de ces derniers textes, les règlements particuliers établis en exécution de la section 51 de la loi pouvaient être, d'une manière générale, désapprouvés par le Ministre, qui avait le droit de proposer à ces règlements des suppressions, changements, substitutions ou additions. La section 1 de la loi de 1896 pré-

* *Annales des Mines*, 8^e série, t. XII, 1887.

LA LOI ANGLAISE DE 1896 SUR LES MINES DE HOUILLE

cise certains cas où ce droit peut être exercé.]
spécifie que le Ministre aura le droit de modifier
règlements particuliers, en ce qui concerne les lam
et leur emploi, les explosifs et leur emploi, l'arrosage
voies poussiéreuses, et, en général, les précautions con
les accidents provenant des gaz et des poussières infla
mables. On peut être étonné, lorsqu'on compare ce te
au texte de la loi de 1887, que ce dernier ne soit
considéré comme donnant au Ministre ou aux Insp
teurs des pouvoirs suffisants pour rendre inutiles les n
velles dispositions. En fait, si l'on réfléchit à la mani
très étroite dont la loi est interprétée en Angleterre,
comprend la nécessité d'une pareille précision. On sait
effet que les Inspecteurs ne se considèrent comme de
par la loi que de pouvoirs très restreints (*); dans ce
matière, l'axiome « tout ce qui n'est pas défendu est p
mis », s'applique largement au profit de l'industriel, n
non au profit de l'Administration.

La section 2 modifie la section 47 de la loi de 18
Elle donne aux ouvriers le droit de prendre part, par
représentant, et sous la direction des arbitres, aux o
rations d'arbitrage organisées par ladite section 47.
s'agit, nous le rappelons, des arbitrages qui devienn
nécessaires, lorsque le propriétaire d'une mine prote
contre telle ou telle mesure qui lui est imposée d
l'intérêt de la sécurité. Ces arbitrages étaient jusqu'al
destinés à trancher entre deux parties seulement :
Ministre (représenté par l'Inspecteur des Mines)
l'exploitant. Ces deux parties avaient seules le droit
fournir des preuves et des témoins à l'appui de leurs p
tentions. La nouvelle disposition introduit une troisiè
partie, à savoir le délégué des ouvriers, qui peut agir
son côté et fournir aux arbitres ou au tiers arbitre l

(*) Voir, à ce sujet, le Rapport de mission de MM. Pernolet et Aguil
Angleterre, p. 28 et suiv.

renseignements que ces derniers jugent utile ou convenable de demander. Fait à noter, cette troisième partie peut être, comme les deux autres, appelée à coopérer aux frais de l'arbitrage.

Les sections 3 et 4 modifient, en les complétant sur certains points de détail, les sections 34 et 38 relatives aux plans à tenir. Comme la section 1, elles paraissent avoir une valeur uniquement interprétative. Il semble en effet que tout ce qu'elles contiennent se trouvait implicitement contenu dans l'ancien texte; on comprendrait difficilement, par exemple, sur le continent, qu'un plan exact ne comprenne pas nécessairement les piliers abandonnés. Mais nous avons déjà dit qu'en Angleterre l'Administration ne se croit pas autorisée à interpréter.

Nous n'en dirons pas autant de la section 5. Celle-ci introduit dans les règles générales de la section 49 de la loi de 1887 trois modifications très nettes et très précises, qui étaient réellement nécessaires. D'une part, alors que l'ancien texte prévoyait seulement l'inspection avant le travail de tous les points où des ouvriers devaient avoir à travailler ou à circuler, le nouveau texte étend l'obligation de l'inspection à tous les chantiers, *même arrêtés*, d'un district d'aérage où les hommes ont à travailler.

Vu l'étendue de certaines mines anglaises, on comprend que cette clause ait soulevé des protestations; mais on comprendra aussi sans peine l'importance capitale qu'elle présente au point de vue de la sécurité. A notre avis, c'était une des clauses les plus nécessaires, et, si elle est consciencieusement appliquée, ce sera sans nul doute l'une des plus efficaces de la nouvelle réglementation.

D'autre part, le paragraphe 2 de la section 5 pose en principe que les lampes de sûreté devront en totalité appartenir à l'exploitant, et qu'il sera interdit d'emporter hors de la mine une partie quelconque de ces lampes. Nous n'avons pas besoin d'insister sur l'importance d'une sem-

de l

ser

on

ob,

u b

as j

mp

ouv

co

ne.

re .

elle

tan

pe

ela

s f

ne-

effe

l fa

ux

le

con

la

icu

avo

ait

ts

biti

reo

ispa

mi

crij

e

donne au Ministre le droit de prohiber, pour une ou plusieurs mines, l'emploi de tel ou tel explosif, ou de fixer les conditions de son emploi. Et il est spécifié que les contraventions à un règlement ainsi fait par le Ministre seront punies, comme les contraventions aux règles générales, ainsi qu'il est dit à la section 50 de la loi de 1887. Comme on le sait, les prescriptions ainsi imposées se trouvent soustraites à la procédure de l'arbitrage, le Ministre reçoit un pouvoir sans contrôle, et c'est là ce qui a motivé les protestations.

Ces protestations s'accrochèrent lorsque le Ministre se mit en devoir de faire usage de son droit, et publia, en décembre 1896, une première « Ordonnance sur l'emploi des explosifs dans les mines grisouteuses et poussiéreuses ». Cette ordonnance fut trouvée particulièrement sévère et, six mois après, le 4 février 1897, une nouvelle ordonnance fut faite, adoucissant la première sur quelques points; notamment on abaissait de six mois à trois mois la durée de la période pendant laquelle une constatation de grisou suffit pour rendre obligatoire l'emploi d'explosifs autorisés (Voir plus loin), et on restreignait cette obligation, dans les mines seulement poussiéreuses, aux quartiers secs et poussiéreux.

A cette ordonnance était annexée une liste d'explosifs autorisés, liste contenant dix explosifs déjà bien connus. L'ordonnance devait être mise en application à dater du 1^{er} janvier 1898. La liste d'explosifs autorisés était déclarée provisoire et sujette à révision, à la suite d'expériences entreprises à Woolwich.

Le 4 février 1898, puis le 11 juillet 1898, étaient mises en vigueur de nouvelles ordonnances, chacune abrogeant la précédente, mais n'en étant que la reproduction textuelle, du moins en ce qui concerne la partie réglementaire. Les seuls changements étaient des changements dans la liste des explosifs permis; cette liste s'augmen-

lait, à chaque nouvelle ordonnance, de quelques explosifs ayant subi avec succès les essais de Woolwich. La liste actuelle, que nous donnons plus loin, à la suite de la traduction de l'ordonnance du 11 juillet 1898, contient 23 explosifs.

Pour apprécier l'ordonnance en elle-même, il faut se rappeler les prescriptions des règles générales de la loi de 1887.

Tout d'abord, pour que, sous le régime de la loi de 1887, une mine fût assujettie à certaines prescriptions dans l'emploi des explosifs, il fallait, d'après les règles 8 et 12 combinées, que du gaz ait été signalé dans la mine — probablement le jour même — ou que la mine fût assujettie à l'emploi des lampes de sûreté, — ce qui suppose que la présence du gaz est probable au point considéré ou au voisinage. Sous le régime nouveau, pour qu'une mine soit considérée comme grisoutense, il suffit que du gaz ait été trouvé dans le quartier, dans les trois mois qui précèdent. Cette nouvelle définition est certainement plus rigoureuse.

D'autre part, la loi de 1887 permettait l'emploi, dans une mine grisouteuse, de n'importe quel explosif, sauf dans le cas où il était impossible de prouver qu'il n'existait pas, dans le quartier, une accumulation de gaz. Dans ce cas, la loi imposait soit le bourrage à l'eau, soit l'emploi d'un explosif « de nature à ne pas enflammer le gaz ». Une condition analogue, c'est-à-dire tout aussi vague, était imposée dans les quartiers poussiéreux. Enfin la loi ne prohibait le tirage des coups de mine dans les voies de roulage pendant les postes, que s'il était impossible soit d'arroser dans un rayon de 18 mètres, soit d'employer des explosifs bourrés à l'eau ou ne pouvant enflammer le gaz.

En outre, la loi était muette sur les procédés d'allumage des explosifs détonants.

L'ordonnance du 11 juillet 1898 innove radicalement en ce qu'elle *désigne* les explosifs à employer; en ce qu'elle en *impose* l'emploi *exclusif* dans toute couche où du gaz a été trouvé dans les trois mois, ou dans tout quartier sec et poussiéreux, ou dans toute voie appartenant à une mine qui n'est pas humide dans toute son étendue; en ce qu'elle *impose* des conditions de détail dans le mode d'emploi des explosifs autorisés, et notamment dans leur mode d'allumage, qui doit être électrique dans toute mine grisouteuse; enfin en ce qu'elle n'autorise les coups tirés dans les voies principales de roulage d'une *mine de houille quelconque* qu'entre les postes, ou bien sous la condition qu'on emploiera un explosif de sûreté et qu'on arrosera dans un rayon de 20 yards.

On voit que le Ministre a largement profité des pouvoirs nouveaux que la loi mettait à sa disposition. Il n'a eu, en somme, qu'à mettre en pratique les conseils de la Commission de 1891. Toutefois il lui était nécessaire d'être plus amplement éclairé, quant aux explosifs à employer. Les premières ordonnances furent accompagnées d'une liste très courte d'explosifs autorisés, liste établie d'après des essais faits en dehors de l'intervention demandée par la Commission du Ministère de l'Intérieur. Mais, par la suite, les listes successives résultèrent d'essais faits à Woolwich, dans des conditions que nous allons exposer maintenant.

II. — Expériences de Woolwich.

Afin de mettre à exécution les sections 1 et 6 de la loi du 14 août 1896, le Ministre de l'Intérieur nomma, à la date du 1^{er} décembre 1897, un Comité chargé de « rechercher le meilleur mode d'essai pour déterminer la sécurité des explosifs dans les mines de houille, et les moyens que

devrait adopter le Ministère de l'Intérieur pour appliquer ces essais à la fixation des règlements particuliers devant être proposés par le Secrétaire d'État, conformément à la section 1 de la loi de 1896 sur les mines de houille, ou des ordonnances devant être faites par lui, conformément à la section 6 de la même loi ».

Ce Comité comprenait MM. Henry H. S. Cunynghame, Sous-secrétaire adjoint pour l'Intérieur ;

Le Colonel sir Vivian Dering Majendie, Inspecteur en chef des Explosifs ;

C. Le Neve Foster, l'Inspecteur des Mines bien connu ;

H. Hall, également Inspecteur des Mines, qui a joué un rôle important dans les discussions au sujet des poussières ;

Le Capitaine J.-H. Thomson, Inspecteur des Explosifs.

Le Comité a d'ailleurs été complété par l'adjonction de M. le Capitaine A.-M.-N. Cooper-Key, le 25 août 1897. C'est ce dernier officier qui fut plus spécialement chargé de l'exécution des essais (*).

Le Comité se réunit de suite, et, le 4 février 1897, il adressait au Secrétaire d'État un premier rapport dans lequel il exposait que, après avoir hésité entre des expériences faites dans une mine et des expériences de laboratoire, il s'arrêtait à une solution intermédiaire, afin de réaliser des expériences à la fois aussi comparables et aussi voisines des conditions de la pratique que possible. Il demandait en conséquence l'autorisation d'édifier sur les terrains de l'arsenal de Woolwich une station d'expériences analogue à celles qui ont été établies en Allemagne, et sollicitait à cet effet un crédit de 1.500 livres (37.500 francs environ).

La réalisation de ce vœu fut immédiate : le 5 juin, le laboratoire était prêt, et les premières expériences étaient

(*) Je tiens à remercier ici M. le Capitaine Cooper-Key, qui a bien voulu m'accompagner lui-même à la station de Woolwich et m'en faire les honneurs.

164 LA LOI ANGLAISE DE 1896 SUR LES MINES DE HOUILLE
faites, en présence de délégués de la Fédération des Ingénieurs des Mines.

Voici en quoi consiste le laboratoire.

Comme on va le voir, il est très simple et rappelle beaucoup celui qui a été construit, il y a quelques années par l'Institut des Ingénieurs du Nord de l'Angleterre (*).

L'installation comprend : un canon, une chambre pour le mélange inflammable, et des appareils pour faire le mélange (Voir Pl. IV, *fig.* 1 et 2).

Le canon est en fils d'acier, résistant à 90 tonnes par pouce carré, et contenant à l'intérieur une chemise également en acier, destinée à recevoir l'explosif. Le diamètre intérieur de cette chambre est de 40 millimètres; sa longueur intérieure, 750 millimètres; mais son diamètre au fond s'augmente peu à peu, en raison de l'usure.

Le canon est placé horizontalement et monté sur un chariot qui lui permet de reculer.

Il vient s'appliquer exactement contre les bords de l'orifice de la chambre où l'on met le mélange explosif; on ne fixe pas le canon : l'étanchéité est assurée par un joint en caoutchouc et cuir contre lequel le canon est simplement appliqué.

La chambre du mélange est formée par une ancienne chaudière, composée de six viroles cylindriques et d'une virole tronconique. Le diamètre est 0^m,72, et la longueur totale 8^m,60. A l'extrémité opposée au canon se trouve un collier qui permet de fixer une feuille de papier paraffinée.

Aux deux extrémités de la chambre, et à sa base, vient aboutir une canalisation, sur le parcours de laquelle se trouve interposé un ventilateur à force centrifuge mû par une petite machine à gaz. Également sur le parcours

(*) Voir le compte rendu de ces dernières expériences, dans les rapports du *North of England Institute of Mining and Mechanical Engineers*.

LA LOI ANGLAISE DE 1896 SUR LES MINES DE H

de la canalisation se trouve une cloche gazeuse à capacité de 450 litres, pouvant être à volonté gaz d'éclairage. Un robinet à trois voies permet dans la chambre de l'air pris à l'extérieur, ou tuer un circuit fermé comprenant la chambre, et le ventilateur, et, en outre, comprenant ou cloche à gaz.

En face de l'extrémité de la chambre se trouve une masse de béton destinée à empêcher les projectiles de fer scellés dans le béton permettent de placer devant l'orifice de la chambre deux flacons de coton.

La chambre est percée de regards, fermés normalement par des tampons.

Telle est toute l'installation. On a représenté dans les figures, à gauche, un cylindre vertical au fond duquel se trouve un canon. Cet appareil était destiné aux essais sur les poussières ; après quelques essais on a renoncé à ce genre d'expériences, et on s'est occupé de faire des essais sur les mélanges gazeux.

Après un certain nombre d'essais préliminaires on a convenu d'opérer de la manière suivante.

L'explosif, sur la nature et la quantité duquel nous reviendrons, est introduit au fond du canon. On y place la cartouche, munie d'un détonateur électrique, et on place le bourrage. Ce dernier est constitué par du coton parfaitement fin, pur et desséché ; le tassement modéré, est ensuite progressivement rendu au maximum possible ; le bourrage atteint une longueur de 225 millimètres.

La chambre à gaz est remplie d'un mélange à parties égales d'environ de gaz d'éclairage, obtenu très facilement à la disposition des appareils ; la cloche a une capacité de 450 litres, et la chambre, préalablement remplie d'air pur, 4.250 litres ; il suffit de constituer

fermé comprenant la cloche et la chambre et, de faire marcher le ventilateur pendant une ou deux minutes pour que le mélange soit complet. Des analyses faites au début des essais ont montré que la teneur du mélange ainsi réalisé n'était jamais supérieure à 10 1/2 p. 100, ni jamais inférieure à 9 1/2 p. 100. Cette approximation a été considérée comme suffisante.

L'appareil ainsi préparé, on rapproche le canon de la chambre, et, au moyen d'un appareil électrique d'un type usité dans l'armée anglaise, on met le feu.

S'il y a inflammation du mélange, le fulmicoton est brûlé; sinon, il reste intact.

Dans ces conditions, on tire 20 coups.

S'il n'y a pas une seule inflammation, l'explosif (ou plutôt la cartouche) est accepté.

S'il y a deux inflammations ou plus, l'explosif est rejeté.

S'il y a une inflammation, on tire dix coups de plus; une nouvelle inflammation fait rejeter l'explosif; au cas où il n'y a pas inflammation, on tire encore dix coups; et, s'il y a zéro ou une inflammation, l'explosif est accepté, s'il y en a deux ou plus, il est refusé.

Autrement dit, l'explosif ne doit pas donner plus de 5 inflammations sur 100 coups, l'épreuve étant de 20, 30 ou 40 coups suivant les cas.

Notons, en outre, que la détonation incomplète fait rejeter un explosif au même titre que l'inflammation du mélange.

Il nous reste à dire dans quelles conditions et en quelle quantité l'explosif doit être employé. C'est à ce point de vue que les expériences de Woolwich présentent un caractère tout spécial et particulièrement simple.

C'est, en réalité, non pas l'explosif, mais la cartouche, ou mieux, la charge, qui est éprouvée, c'est-à-dire l'explosif avec son enveloppe, et son détonateur s'il y a lieu.

La cartouche est essayée telle quelle, et, si l'épreuve réussit, elle est autorisée. Nous disons, en insistant, *la cartouche* : c'est qu'en effet l'autorisation porte non seulement sur le nom de l'explosif, mais sur l'enveloppe de la cartouche, sur le poids du détonateur employé, parfois sur le poids même de l'explosif, etc. Nous nous sommes contenté de résumer, sous forme de tableau, la liste des explosifs autorisés par l'ordonnance du 18 juillet 1898 : mais il ne sera pas inutile, pour faire bien comprendre l'esprit de cette ordonnance, de traduire ci-dessous l'énoncé des conditions imposées pour l'un ou l'autre de ces explosifs.

Voici, par exemple, la *National Gelignite*, qui est de ce genre de dynamite-gélatine. L'ordonnance s'exprime comme il suit :

« Liste des explosifs autorisés :

« *National Gelignite* : se composant, pour 100 parties en poids d'explosif complet, de 64 parties au plus et 56 au moins de nitroglycérine parfaitement purifiée ; avec 6 parties au plus et 4 au moins de coton nitrique soigneusement lavé et purifié, et 32 parties au plus et 24 au moins de carbonate de potasse, et 9 parties au plus et 5 parties au moins de sciure de bois, — et sans ou avec une demi-partie au plus de chaux, — et sans autre substance ; l'ensemble étant uniformément mélangé, et de telle nature de consistance qu'il ne soit pas sujet à exsudation.

« Étant entendu :

« 1° Que l'explosif sera employé seulement contenu dans une douille de papier parcheminé non imperméable ;

« 2° Que l'explosif sera employé seulement avec un détonateur électrique contenant au moins 15 grains $\frac{1}{2}$ (0^{gr},065) d'une composition comprenant, en poids, 10 parties de fulminate de mercure et 5 parties de chlorate de potasse ;

« 3° Que, en outre de l'inscription sur l'enveloppe extérieure requise par une ordonnance du Secrétaire d'État, faite conformément à la loi de 1875 sur les explosifs, la même enveloppe portera les mots : « comme il est décrit dans la liste des explosifs autorisés », et, en outre, que chaque enveloppe intérieure portera clairement écrits les mots : « Explosif permis, ne devant être employé qu'avec un détonateur spécial », et, en outre, le nom de l'explosif, le nom du fabricant, la date de fabrication, la nature et la proportion des ingrédients ;

« 4° Que l'explosif, s'il est gelé, sera convenablement dégelé dans des conditions sûres et suffisantes avant l'usage. »

Voici maintenant les prescriptions de l'ordonnance en ce qui concerne l'explosif dit *Elephant Brand Gun-Powder*, dont la présence sur une pareille liste n'est pas sans surprendre :

« *Elephant Brand Gun-Powder*, se composant, pour 100 parties en poids d'explosif complet, de 76 parties au plus et 74 au moins de salpêtre pur, avec 15 1/2 au plus et 14 1/2 au moins de charbon de bois, et avec 11 parties au plus et 9 au moins de soufre pur distillé, et sans aucune autre substance, l'ensemble étant uniformément mélangé, et devant être d'une force telle que, si on le fait détoner dans un cylindre de plomb comme ceux qui sont employés à la station d'essais du Ministère de l'Intérieur à Woolwich, il donnera des résultats non inférieurs à ceux que donnerait un poids égal de poudre R. F. G² (*) ; l'explosif devant être en grains pouvant passer à travers un tamis de 11 mailles au pouce linéaire.

« Étant entendu :

« 1° Que la poudre ne sera ni introduite ni employée dans une mine, à moins qu'elle ne soit contenue, avec de

(*) Poudre noire à fusil, anglaise, de 650 grains au gramme.

ammoniaque dans la proportion de
oxalate, pour 2 parties, en poids, de
uille en papier à l'épreuve des étin-
chant Brand), dans laquelle sera inter-
e et l'oxalate, un diaphragme d'une
telles qu'il empêche tout mélange
;

introduit ni employé dans aucune mine
nant plus de 255 grammes de cette
cartouche sera introduite intacte dans
lus d'une cartouche à la fois ne sera

p ne sera tiré avec ladite poudre, s'il
bourré avec une quantité de bour-
a celle qui serait nécessaire pour une
mes de poudre noire ordinaire ;
ches seront emballées dans des enve-
imperméables, dont chacune ne con-
2^{es}, 250 de poudre ;
e... (etc., comme au 3^e pour la géli-

ment, par ces exemples, quelle est la
es de Woolwich. Elle n'est nullement
nnement fait par le Comité est, très
t :

and d'explosifs ont été proposés pour
er, dans les mines grisouteuses ou
sécurité plus grande que celle que
et la poudre noire. Aucun de ces
une sécurité absolue ; mais, sur la
s, il n'en est pas deux peut-être qui
gré de sécurité. Il existe donc un
de ces produits, correspondant à
ité. Nous ne nous soucions nulle-
cet ordre ; mais nous détermine-

rons, par tâtonnements, un degré de sécurité moyen, et nous placerons là la division en deux parties de la susdite liste. Ce degré de sécurité moyen, nous le fixerons d'après les résultats donnés par des explosifs déjà connus et étudiés, placés dans des conditions qui nous paraîtront raisonnables; et tous les explosifs qui, dans ces mêmes conditions, soumis à des expériences rigoureusement comparables, donneront autant ou plus de sécurité, seront acceptés; les autres seront rejetés.

Il ne faut pas chercher davantage dans les expériences de Woolwich : on ne trouverait rien. Les expérimentateurs n'ont nullement eu la prétention de faire autre chose qu'une comparaison grossière, par des moyens grossiers, mais rigoureusement comparables. A quels résultats sont-ils arrivés? C'est ce que nous allons examiner maintenant.

Nous avons annexé à la présente Note, sous forme de tableau, la liste des explosifs qui ont subi avec succès l'épreuve de Woolwich. Bien que ces explosifs soient pour la plupart connus, nous avons jugé utile de consigner sur la liste leur composition.

Personne ne s'étonnera d'y voir figurer l'ammonite, la bellite, la roburite et la westfalite. Ces explosifs sont connus depuis longtemps, et l'on sait qu'en somme tous les résultats qu'ils ont donnés aux divers essais, ainsi que leur constitution, permettent de les considérer comme procurant une certaine sécurité.

La pembrite, qui n'est autre que la poudre allemande Rottweiler; l'électronite, l'amvis, la poudre Faversham, sont également des poudres pouvant être considérées comme sûres. Mais où les expériences deviennent déconcertantes, c'est lorsqu'on les voit conclure à l'adoption de toute la série des gélinites. Ces explosifs ne sont autres que les gélatines-dynamites, explosifs très puissants, à température de détonation voisine de 3.000°, c

partout on les a considérés comme à peu près aussi dangereux que les dynamites. Enfin la surprise augmente, lorsqu'on voit autoriser la poudre noire, — sous certaines conditions, il est vrai, — et la poudre lente à l'oxalate d'ammoniaque (oxalate blasting powder). Dans ces conditions, on se demande si la limite dont nous parlions plus haut, entre les explosifs sûrs et ceux qui ne le sont pas, n'a pas été placée beaucoup trop près de ces derniers par le Comité anglais.

La comparaison des expériences de Woolwich avec celles qui ont été faites récemment sur le même plan, dans les divers pays d'Europe, permet de répondre affirmativement, sans hésiter. Le point par lequel les expériences de Woolwich en diffèrent essentiellement est le bourrage. Ni à Consolidation, ni à Hebburn (expériences entreprises par l'Association des Ingénieurs du Nord de l'Angleterre), pour ne parler que des plus récentes expériences, il n'a été fait usage d'un bourrage comparable à celui de Woolwich. Ainsi les récentes expériences de Consolidation ont porté sur des poids de 200 à 300 grammes d'explosif; le trou de mine avait les mêmes dimensions qu'à Woolwich; le bourrage ne dépasse 200 millimètres que dans quelques rares expériences. A Hebburn, le trou avait un diamètre très petit (30 millimètres); les charges étaient de 28 à 105 grammes; nombre d'expériences ont été faites avec des bourrages de 25 et de 75 millimètres, quelquefois 150. Mais ce n'est que très exceptionnellement que, dans des expériences de ce genre, on a eu recours à un bourrage aussi important que celui de Woolwich (225 millimètres, soit plus de 5 1/2 calibres, contre 1 1/2 et 5 à Hebburn, 3 1/2 et 5 à Consolidation). Ce bourrage, nous avons pu le vérifier, est fait avec des matières de première qualité et est particulièrement soigné. Nous sommes convaincu que c'est à cela qu'il faut attribuer les résultats des essais de

erions pas surpris que, par la plosifs, se sachant en présence, it défini n'arrivent à le résoudre ant, dans la pratique, une sécuelle des explosifs déjà autorisés.

la nouvelle réglementation.

ans ce qui précède, une impor- ivelle réglementation des explo- c'est le seul point important de eul, du moins, dont l'application

endu dire, au cours de notre terre, que l'Administration ait on de la nouvelle loi pour user ue par le passé de son droit de articuliers.

arbitrages, aucune protestation ontrée; au reste, l'arbitrage se ivelle clause pourrait bien n'être platonique donnée aux ouvriers.

mesures imposées par la loi elles sont cependant d'une exé- a, et cela tient à la pénurie de uffrent les houillères anglaises. u être la préoccupation de toutes strie des mines intéresse. Per- i d'avoir des plans exacts. Mais, es gites anglais est telle que le e se fait rarement sentir (on n'a faire de percements au rocher, ble), on comprend qu'il ne se soit capable d'opérer avec la minu-

tie que nécessiterait, pour avoir des plans parfaitement exacts, l'immense étendue des champs d'exploitation et l'étroitesse de la base formée par les centres des deux puits généralement très voisins qui sont placés à leur centre.

L'opinion publique s'est, au contraire, vivement émue lors de l'application des premières ordonnances concernant les explosifs de sûreté. Non que l'usage de ces produits fût inconnu ; la loi de 1887 l'imposait en fait, dans certains cas ; et nombre de mines avaient déjà adopté les explosifs de sûreté, pour la plupart de provenance allemande, sinon quant à la fabrication, du moins quant au brevet.

La carbonite, notamment, était, d'après les renseignements que nous avons pu recueillir, l'un des explosifs de sûreté les plus employés, à cause de son mode de détonation, qui se rapprocherait un peu de celui de la poudre noire. Mais les mines qui étaient entrées dans cette voie y étaient entrées presque de leur plein gré, c'est-à-dire que c'étaient celles où les bénéfices permettaient de pareils essais. La poudre noire coûte, en Angleterre, de 0 fr. 40 à 0 fr. 45 la livre, soit environ 1 franc le kilogramme. Les explosifs de sûreté, tels que l'ammonite, la roburite, la westfalite, coûtent environ 1 franc la livre, soit 2 fr. 20 le kilogramme, les gélignites coûtent 2 francs le kilogramme ; la dépense est donc doublée, et la nécessité d'employer des détonateurs l'augmente encore. En réalité, l'augmentation qui résulte, pour le prix de revient, de la substitution des explosifs de sûreté à la poudre noire est peu élevée, si l'on veut bien y réfléchir ; elle peut atteindre cependant quelques centimes par tonne, dans certaines mines à charbons durs ; de plus, la qualité des produits abattus est moins bonne ; c'est là un argument qui a beaucoup de pouvoir sur l'opinion en Angleterre, et les propriétaires

des mines peu fortunées n'ont pas manqué de le faire valoir. De plus, on a, en général, critiqué amèrement la généralité des mesures imposées, et l'impossibilité pour les mines menées avec soin de s'y soustraire. On a enfin fait valoir les accidents qui n'ont pas manqué de se produire, et qui sont dus à l'impéritie des ouvriers, peu habitués à manier les explosifs détonants et surtout les détonateurs. On remarquera, en particulier, en ce qui concerne ce dernier point, que l'ordonnance exige seulement des détonateurs équivalents à ceux qui ont été employés à l'essai; or le détonateur est l'élément coûteux, lorsqu'il est au fulminate, et il ne manque pas de substances (picrate de potasse, chlorate de potasse, etc.), qui permettent de fabriquer à bon compte et de vendre à bas prix des détonateurs d'une *puissance* égale à celle des détonateurs au fulminate, mais d'une efficacité et, par suite, d'une sécurité moindres.

A ces critiques, le Ministère de l'Intérieur ne doit pas être embarrassé pour répondre. Il n'y a qu'à présenter la liste des explosifs autorisés depuis le 11 juillet de cette année, et les adversaires les plus acharnés de la nouvelle réglementation cesseront probablement de faire entendre des plaintes aussi vives (*), car il serait difficile de leur accorder une satisfaction aussi inespérée. Après les expériences faites dans tous les pays d'Europe, on aurait pu croire que la poudre noire et la dynamite employées au charbon et sans bourrage spécial seraient à jamais prosrites des mines grisouteuses ou poussiéreuses. L'Administration anglaise rouvre la porte que l'on croyait à jamais fermée. Son œuvre prête par là à de sérieuses

(*) A la nouvelle que les expériences de Woolwich avaient conduit à faire autoriser la poudre noire, les organes attitrés des exploitants, le *Colliery Guardian* notamment, poussèrent un cri de triomphe, et, comme on trouvait que l'ordonnance ne paraissait pas assez vite, on questionna le Gouvernement à ce sujet.

critiques, et nous avons entendu, en Angleterre même, plus d'un ingénieur juger avec sévérité les travaux qui ont conduit à de pareils résultats. Imposer d'une part, dans un nombre de cas qui paraît à première vue très considérable, l'usage des explosifs de sûreté, puis déclarer explosifs de sûreté des produits que le suffrage presque unanime de l'Europe continentale a déclarés dangereux, telle est l'œuvre que vient d'accomplir l'Administration anglaise. Et lorsqu'on songe qu'à côté de cette réglementation si minutieuse et qu'on peut craindre de voir devenir si illusoire, le dosage de teneurs en grisou inférieures à 2 p. 100 dans les courants d'air est encore à peu près partout considéré comme une opération sans intérêt, on demeure assez inquiet sur le degré de sécurité atteint jusqu'à présent dans les houillères anglaises.

ANNEXES.

Loi du 14 août 1896 pour amender la loi de 1887 sur la réglementation des mines de houille.

1. — 1° Le pouvoir de proposer, d'amender et de modifier les règlements particuliers de chaque mine, prévu par la loi sur la réglementation des mines de houille de 1887, s'étendra à chacune des matières suivantes, savoir :

a. La nature et le modèle des lumières ou lampes pouvant être employées dans la mine, leur conservation en bon état, la manière de les employer et de les entretenir ;

b. La composition des explosifs pouvant être employés dans la mine, leur mode d'emploi et d'emmagasinage, la manière de préparer et de bourrer les coups de mine, le moment où les coups pourront être tirés dans la mine, la manière de les tirer ;

c. Le nombre ou la nature des personnes qui pourront, s'il y a lieu, être autorisées à rester dans la mine ou dans les travaux y attenants pendant qu'on tirera les coups de mine ;

d. L'arrosage de la mine ou de certaines voies, ou de certains

quartiers, ou les procédés pour rendre cette mine, ces voies ou ces quartiers suffisamment humides ;

e. Et généralement les précautions à adopter pour éviter les accidents dus aux gaz inflammables et à la poussière de charbon.

2° Tant que des règlements particuliers faits en exécution de cette section seront en vigueur dans une mine, les règles générales contenues dans la section 49 de la loi de 1887 et tous règlements particuliers établis en exécution de cette dernière loi seront suspendus en ce qui concerne ladite mine, pour autant qu'ils seront en contradiction avec les règlements particuliers faits en exécution de cette section.

II. — Là où une question, qui fait l'objet d'un différend, est soumise à l'arbitrage, conformément à la loi de 1887, la majorité des ouvriers employés à la mine à laquelle se rapporte l'arbitrage peut, en fournissant telle garantie qui peut paraître, aux arbitres ou au tiers arbitre, suffisante pour assurer le paiement des frais occasionnés par ce qui va suivre, déléguer une personne pour représenter les ouvriers ou une catégorie de ces derniers, lors de l'arbitrage, et la personne ainsi désignée sera autorisée à assister et à prendre part aux opérations de l'arbitrage dans la mesure et de la manière que les arbitres ou le tiers arbitre le jugeront opportun ; elle sera soumise, en ce qui concerne les frais occasionnés, à la même responsabilité que si elle était partie dans l'arbitrage.

III. — Le plan qui doit être tenu conformément à la section 34 de la loi de 1887 devra représenter la position des travaux qui y sont figurés par rapport à la surface, et la position, l'étendue et la direction de toute faille ou dislocation connue de la couche avec son inclinaison.

IV. — 1° Aux paragraphes (1) et (2) de la section 38 de la loi de 1887 seront substitués les paragraphes suivants :

« 1° Là où une mine ou une couche est abandonnée, la personne qui est propriétaire de la mine ou de la couche au moment de l'abandon enverra à un Secrétaire d'État, dans les trois mois qui suivront l'abandon :

« a. Un plan exact de la mine ou de la couche, lequel plan sera soit le plan original des travaux, soit une copie exacte de ce dernier, faite par un dessinateur exercé et représentant :

« a. Les limites des travaux de la mine ou de la couche, comprenant non seulement les chantiers, mais aussi toutes les galeries poussées au delà, au moment de l'abandon ;

« b. Les piliers de houille ou autre minéral restant inexploités ;

178 LA LOI ANGLAISE DE 1896 SUR LES MINES DE HOUILLE

« c. La position, la direction et l'étendue de toute faille ou
« dislocation connue de la couche avec son inclinaison ;

« d. La position des travaux par rapport aux limites des pro-
« priétés de la surface ;

« e. La direction générale et le degré d'inclinaison des
« couches ;

« f. L'indication de la profondeur des puits depuis la surface
« jusqu'à la couche abandonnée ;

« β. Une section des couches traversées, ou, si cela n'est pas
« raisonnablement possible, l'indication de la profondeur du
« puits avec une section de la couche.

Chacun de ces plans devra être à une échelle non inférieure à celle de la carte officielle, soit 25 pouces au mille, ou à la même échelle que le plan employé à la mine à l'époque de son abandon, et son exactitude devra être certifiée, pour autant qu'il sera raisonnablement possible, par un géomètre ou toute autre personne désignée, en cette qualité, par un Inspecteur des Mines.

« 2° Le plan et la coupe seront conservés par les soins du Secrétaire d'État ; mais personne, excepté un Inspecteur des Mines, ne sera autorisé sans le consentement du propriétaire de la mine ou de la couche, ou la permission d'un Secrétaire d'État, à examiner le plan ainsi envoyé avant qu'il se soit écoulé dix ans depuis l'abandon. Étant entendu qu'une telle permission ne sera donnée que si le Secrétaire d'État est convaincu que l'examen dudit plan est nécessaire dans l'intérêt de la sécurité.

3° La Haute Cour, ou, en Écosse, la « Court of Session », peut, sur l'invitation ou avec l'autorisation du Secrétaire d'État, faire une ordonnance requérant toute personne qui a actuellement sous sa garde ou en sa possession un plan ou une coupe d'une mine ou couche abandonnée, de communiquer ledit plan au Secrétaire d'État pour permettre de l'examiner ou d'en prendre copie.

V. — 1° La visite avant le commencement du travail exigée par la règle 41, contenue dans l'article 49 de la loi de 1887, s'étendra à tous les chantiers dans lesquels le travail est temporairement suspendu, s'ils appartiennent au quartier d'aérage dans lequel les ouvriers ont à travailler ;

2° Une lampe de sûreté ne doit pas être employée dans une mine ou quartier par une personne qui y travaille, si elle n'est pas fournie par le propriétaire de la mine, et aucune partie d'une lampe de sûreté ne doit être emportée hors de la mine par qui que ce soit, tant que la lampe est en service ;

3° Dans la 12^e règle générale contenue dans la section 49 de la loi de 1887, aux mots : « La houille et la poussière de charbon ne pourront être employées pour le bourrage », seront substitués les mots : « L'argile ou une autre substance ininflammable seront seules employées pour le bourrage et seront fournies par le propriétaire de la mine. »

VI. — Un Secrétaire d'État, s'il est convaincu qu'un explosif est, ou est susceptible de devenir dangereux, peut, par une ordonnance dont il sera donné avis, ainsi qu'il le jugera opportun, prohiber l'usage dudit explosif dans une mine ou dans une catégorie de mines, soit d'une manière absolue, soit sous conditions, et les prescriptions de la loi de 1887, en ce qui concerne les contraventions aux règles générales, s'appliqueront aux contraventions aux susdites prohibitions.

VII. — La présente loi pourra être désignée sous le titre suivant : Loi de 1896 sur les mines de houille ; la loi principale, la loi sur les mines de houille (check-weighers), 1894, et la présente loi pourront être désignées collectivement ainsi qu'il suit : lois sur la réglementation des mines de houille, 1887 à 1896.

Ordonnance faite par le Secrétaire d'État pour l'Intérieur en exécution de la section 6 de la loi de 1896 sur la réglementation des mines de houille. .

Considérant que, par la section 6 de la loi de 1896 sur la réglementation des mines de houille, il est prescrit qu'un Secrétaire d'État, s'il est convaincu qu'un explosif est, ou est susceptible de devenir dangereux, peut, par une ordonnance, prohiber l'usage dudit explosif dans une mine ou une catégorie de mines, soit d'une manière absolue, soit sous conditions :

J'émet, en vertu du pouvoir qui m'est conféré par l'article susvisé, l'ordonnance suivante :

I. — 1° Dans toutes les mines de houille où du gaz inflammable a été trouvé dans les trois mois précédents en quantité suffisante pour indiquer un danger, l'emploi d'un explosif autre que les explosifs autorisés, ainsi qu'ils seront définis ci-dessous, est prohibé d'une manière absolue dans la couche ou dans les couches dans lesquelles le gaz a été trouvé ;

2° Dans toutes les mines de houille dont les travaux ne sont

pas naturellement humides dans toute leur étendue, l'emploi d'un explosif, autre que les explosifs autorisés, ainsi qu'ils seront définis ci-dessous, est prohibé d'une manière absolue dans toutes les voies et dans toutes parties sèches et poussiéreuses de la mine.

II. — Dans toutes les mines ou parties de mine de houille désignées ci-dessus, l'emploi des explosifs autorisés est prohibé, à moins que les mesures suivantes ne soient prises ;

a. Chaque charge d'explosif sera placée dans un trou foré convenablement à cet effet et aura un bourrage suffisant.

b. Chaque charge sera allumée au moyen d'un appareil électrique efficace, ou par tout autre moyen assurant une sécurité équivalente contre l'allumage des gaz inflammables ou de la poussière de charbon ;

c. Chaque charge sera allumée par une personne exercée désignée par écrit à cet effet par le propriétaire, l'agent ou le directeur de la mine ; cette personne ne devra pas être de celles dont le salaire dépend de la quantité de minéral produite ;

d. Chaque explosif sera employé de la manière, et sous les conditions prescrites dans la liste ci-annexée ;

Étant entendu que rien dans la présente ordonnance ne défend l'emploi des mèches de sûreté dans les mines, où du gaz inflammable n'a pas été trouvé dans les trois mois précédents, en quantité suffisante pour indiquer un danger.

III. — Dans toute mine de houille, l'emploi de tout explosif est prohibé dans les voies principales de roulage et dans les galeries d'entrée d'air, à moins que tous les ouvriers n'aient évacué la couche dans laquelle le coup doit être tiré, ainsi que toutes les couches communiquant avec le puits à la même cote, étant exceptés les hommes employés à tirer les coups, et, en outre, les personnes, au nombre de dix au plus, qui sont employées à conduire les foyers d'aérage, les chaudières, les machines, les mécanismes, les treuils, les signaux, ou à prendre soin des chevaux, ou à visiter la mine, ou à moins qu'un explosif autorisé ne soit employé et que toutes les parties du toit, de la sole et des parois de la voie principale de roulage ou de la galerie d'entrée d'air, dans un rayon de 20 yards autour du point où l'explosif est employé, ne soient, au moment du tirage, uniformément humides, soit naturellement, soit par arrosage.

Cet article ne s'appliquera pas aux parties des voies principales de roulage et des entrées d'air qui sont à moins de 100 yards des chantiers.

Cet article n'autorisera pas l'emploi d'un explosif, dans le cas

où l'usage de cet explosif serait prohibé par les articles 1 et 2 de la présente ordonnance.

IV. — La présente ordonnance ne s'appliquera pas aux mines d'argile ou de minerai de fer stratifié ou en nodules ; il ne s'appliquera pas aux puits en cours de fonçage ou d'approfondissement aboutissant à la surface, ni aux galeries inclinées ou autres communications partant de la surface, à moins que ces puits, galeries ou communications, ne soient aérés par un retour d'air.

Là où une mine contient plusieurs couches distinctes, la présente ordonnance s'appliquera à chaque couche comme si elle constituait une mine distincte.

V. — Dans la présente ordonnance, l'expression « explosifs autorisés » signifie : les explosifs qui sont nommés et définis dans la liste ci-annexée, étant entendu que, lorsque la composition, la qualité ou la nature d'un explosif est définie dans ladite liste, tout produit présenté comme étant cet explosif, mais qui en diffère par la composition, la qualité ou la nature, soit pour cause de détérioration ou autrement, ne sera pas considéré comme étant l'explosif ainsi défini, étant entendu, d'autre part, qu'un propriétaire, agent ou directeur, ne sera pas responsable de la composition, de la qualité ou de la nature d'un explosif, s'il prouve qu'il a, de bonne foi, obtenu un certificat écrit émanant du fabricant de l'explosif et déclarant que ce dernier satisfait aux spécifications de la liste ci-annexée, et qu'il a employé tous les moyens raisonnables pour empêcher la détérioration de l'explosif emmagasiné.

L'expression « voie » comprend toutes les voies de toute nature s'étendant depuis le puits ou la communication avec l'extérieur jusqu'à 10 mètres des chantiers.

L'expression « voie principale de roulage » signifie : une voie qui a été ou qui est actuellement employée pour le transport des wagons par la gravité ou par la vapeur.

VI. — La présente ordonnance entrera en vigueur le 18 juillet 1898 ; à cette date, l'ordonnance sur les explosifs dans les mines de houille du 4 février 1898 est rapportée.

VII. — La présente ordonnance peut être désignée ainsi qu'il suit : Ordonnance sur les explosifs dans les mines de houille du 11 juillet 1898.

LISTE ANNEXÉE

A L'ORDONNANCE DU 11 JUILLET 1898

ACCOMPAGNANT LES EXPLOSIFS AUTORISÉS A CETTE DATE.

NOM DE L'EXPLOSIF	COMPOSITION	ENCARTOUCHE	AMORÇAGE	OBSERVATIONS
<i>Ammonite</i>	Nitrate d'ammoniaque 87 à 89 Binitronaphtaline 11 à 13	Conteau dans une douille en alliage de plomb et étain imperméabilisé parfaitement au moyen de paraffine.	Détonateur équivalent au détonateur N° 8 1/2 (19 grains d'un mélange de 80 p. 100 de fulminate de mercure et de 20 p. 100 de chlorate de potasse).	
<i>Ammon</i>	Nitrate d'ammoniaque 89 à 92 Selure de bois 4 à 6 Binitrobenzol avec addition de chlorure de naphtholène pas plus de 1 p. 100 de chlorure 4 à 6	Douille en papier fort imperméabilisé avec de la kérosène.	Détonateur contenant au moins 15 grains d'un mélange de 95 p. 100 de fulminate de mercure et de 5 p. 100 de chlorate de potasse.	
<i>Hellite</i> N° 1	Nitrate d'ammoniaque 82 à 85 Binitrobenzol 15 à 18	Douille en papier toile imperméabilisée avec un mélange de paraffine et de cire de Carnauba.	Détonateur équivalent au détonateur N° 7: 23 grains d'un mélange de 80 p. 100 de fulminate de mercure et de 20 p. 100 de chlorate de potasse.	
<i>Hellite</i> N° 3	Nitrate d'ammoniaque 92 à 95 Binitrobenzol 3 à 8	Id	Détonateur équivalent au détonateur N° 8 (15 grains d'un mélange de 80 p. 100 de fulminate de mercure et de 20 p. 100 de chlorate de potasse).	
<i>British Detonite</i>	Nitroglycérine 58 à 62 Coton-poudre 3 à 5 Nitrate de potasse secure de bois 20 à 34 4	Enveloppe de papier paraffiné non imperméabilisée	Détonateur équivalent au N° 6 (voir plus haut)	

LA LOI ANGLAISE DE 1896 SUR LES MINES DE HOUILLE

<i>Nahsen's Gelignite</i>	Nitroglycérine..... Coton-poudre..... Nitrate de potasse... Scure de bois..... Chaux.....	54 à 63 3 à 5 25 à 34 6 à 10 0 à 1/2	Enveloppe en papier par- chemin non imperméable.	Détonateur équivalent au N° 6 (Voir plus haut).
<i>National Gelignite</i>	Nitroglycérine..... Coton-poudre..... Nitrate de potasse... Scure de bois..... Chaux.....	56 à 64 4 à 6 24 à 32 5 à 8 0 à 1/2	Id.	Détonateur contenant 15 grains d'un mélange de 95 p. 100 de fulminate de mercure et de 5 p. 100 de chlorate de potasse.
<i>Nobel Ardeer Powder</i> ..	Nitroglycérine..... Alcooligul..... Sulfate de magnésie... Nitrate de potasse... Carbonate d'ammoniaque. Carbonate de chaux.....	31 à 34 14 à 14 47 à 51 4 à 6 0 à 1/2 0 à 1/2	Enveloppes en papier parche- min non imperméable.	Détonateur équivalent au N° 3 (8 grains).
<i>Nobel Carbonite</i>	Nitroglycérine..... Nitrate de potasse... Nitrate de baryte... Scure de bois..... Benzol sulfuré..... Carbonate de sodé et de chaux.....	25 à 27 30 à 36 40 à 43 0 à 1/2 0 à 1/2	Id.	Détonateur équivalent au N° 6 (V. plus haut).
<i>Nobel Gelignite</i>	Nitroglycérine..... Coton-poudre..... Nitrate de potasse... Scure de bois..... Chaux.....	54 à 63 3 à 5 26 à 34 6 à 8 0 à 1/2	Id.	Id.
<i>Oronite Blasting Pow- der</i>	Nitrate de potasse... Charbon de bois..... Oxalate d'ammoniaque	60 à 70 12 à 15 13,5 à 16,5	Enveloppe non imperméable de papier et d'étain	Id.

<i>Rhenish Gelignite</i>	Nitroglycérine 57 à 59 Coton-poudre 2 à 3 Nitrate de potasse..... 28 à 31 Sciure de bois..... 9 à 10,5	Enveloppe non imperméable en papier parchemin.	Détonateur équivalent au N° 6 (V. plus haut).		
<i>Ruburite N° 3</i>	Nitrate d'ammoniaque 85 à 89 Dinitrobenzol 9 à 13 Chloronaphtaline..... 0 à 13 (pas plus de 1 p. 100 de chlore).	Douille en papier imperméabilisé avec de la kérosine.	Détonateur contenant 15 grains d'un mélange de 95 p. 100 de fulminate de mercure et 5 p. 100 de chlorate de potasse.		
<i>Sun Gelignite</i>	Nitroglycérine 57 à 59 Coton-poudre 2 à 3 Nitrate de potasse 25 à 31 Sciure de bois..... 8 à 10	Enveloppe non imperméable en papier parchemin.	Détonateur équivalent au N° 6 (Voir plus haut).		
<i>Westfalite N° 1</i>	Nitrate neutre d'ammoniaque..... 94 à 96 Résine de pin ne fondant pas au-dessous de 95° centigrades..... 4 à 6	Id.	Détonateur équivalent au N° 8 (Voir plus haut).		
<i>Westfalite N° 2</i>	Nitrate neutre d'ammoniaque..... 90 à 92 Nitrate de potasse 3 à 5 Résine pure de pin infusible à 95° centigrades. 4 à 6	Id.	Id.		

RAPPORT SUR LES TRAVAUX
DU SERVICE GÉOLOGIQUE DE L'ALGÉRIE
POUR L'ANNÉE 1897

Par MM. A. POMEL et J. POUYANNE, Directeurs du Service.

(EXTRAIT.)

§ 1^{er}. — **ÉTUDES.**

M. Pomel, dans le cours de l'année 1897, a continué la description des vertébrés fossiles quaternaires de l'Algérie; il a fait paraître un certain nombre de monographies, faisant suite à celles qui ont été publiées dans les années précédentes. L'indication de ces publications sera donnée au paragraphe suivant.

Les géologues qui ont concouru aux études sur le terrain, dans le courant de 1897, sont : MM. Fiehour, Blayac, Brives, Flamand, Gentil, Ritter, collaborateurs : M. Lantenois, Ingénieur des Mines à Constantine.

A. — Travaux des géologues.

Les études se sont poursuivies suivant le programme proposé; d'abord par la continuation des levés géologiques dans les différentes régions commencées sur les feuilles au 50.000^e pour le Tell, et au 200.000^e pour le Sud, puis par des études spéciales sur diverses localités, destinées à la solution des questions indécises relatives à

la stratigraphie générale, enfin pour la rectification des tracés en vue de la troisième édition de la Carte géologique générale.

M. FICHEUR, collaborateur principal, s'est attaché à rechercher la solution des problèmes stratigraphiques soulevés ou mis en discussion par quelques-uns des géologues éminents qui ont pris part à la réunion de la Société géologique en 1896, notamment dans la région de Constantine. Le résultat de ses observations est exposé dans le résumé suivant :

I. Région de Constantine. — La présence du Trias sur le flanc Est du Chettaba a été reconnue par M. Marcel Bertrand, à la suite de la réunion de 1896, sur le facies lithologique et d'après la présence de fossiles caractéristiques, *Myophoria communis*, *Gervillia socialis*, découverts par M. Goux, professeur au lycée de Constantine. Cette importante constatation a provoqué, de la part de M. Ficheur, une étude détaillée qui lui a permis de préciser l'existence d'une bande triasique d'une longueur de 4 à 5 kilomètres. Ce terrain occupe une situation anormale; c'est une nappe étirée par un pli couché vers l'ouest entre les marnes de sénonien; ce pli paraît s'être produit sous l'influence de la faille qui limite à l'Est le massif crétacé du Chettaba. Ce déversement sur une largeur de 3 kilomètres environ constitue un de ces accidents singuliers qui déroutent le géologue.

Cette bande triasique est constituée par des argiles irisées avec cristaux de gypse, des cargneules, des calcaires bleus et des calcaires jaune-de-miel, avec fossiles abondants sur plusieurs points. Dans l'axe du pli, partiellement masqué par les dépôts caillouteux oligocènes (poudingues du Coudiat), apparaissent des masses gypseuses exploitées (plâtrières du Chettaba), qui se sont produites, vraisemblablement sous l'action de sources thermo-minérales, aux dépens des calcaires sénoniens.

La venue au jour de cette nappe triasique, très probablement après le suessonien, a été accompagnée d'actions métamorphiques par les eaux gypsifiantes.

Dans tous les cas, ces phénomènes sont antérieurs à la formation des dépôts oligocènes du bassin de Constantine.

M. Ficheur a continué et terminé les levés géologiques de la feuille de Constantine au 50.000^e, guidé par les tracés antérieurement établis sur la plus grande partie de la feuille par M. Jacob, Ingénieur des Mines.

Quelques autres pointements d'argiles irisées avec gypse et cargneules, identiques de facies à ceux du Chettaba, mais très restreints, et jusqu'ici sans fossiles, peuvent être, par analogie, attribués au trias; ils se trouvent en contact par faille avec le Néocomien inférieur, notamment au Kef Beni-Hamza, au Nord-Ouest d'Aïn-Kerma et au flanc Nord du Djebel-Akral (Aïn-Tinn). Une autre bande très étroite se trouve pincée dans les marnes du Sénonien, au voisinage de la maison forestière d'Aïn-Goulia (Sud du Chettaba).

Les massifs calcaires du Djebel-Karkara et du Djebel-Zouaoui, doivent être attribués, suivant l'interprétation de Tissot, au crétacé inférieur. Les traces de requiénies y sont fréquentes; une assise marno-calcaire intercalée fournit *Ostrea aquila*, *Epiaster*, et bivalves, qui indiquent l'Aptien.

Ces îlots rocheux calcaires, isolés par des failles, de même que le massif du Kreneg, rendent impossible l'observation de la série complète des assises crétacées. Cependant au flanc sud du Djebel-Akral (Aïn-Tinn), M. Ficheur a reconnu l'assise des marnes à Ammonites pyriteuses du Djebel-Ouach (Barrémien), surmontant en concordance des marno-calcaires qui reposent sur les calcaires dolomitiques de la crête de la montagne.

D'après ces observations, M. Ficheur a été conduit à établir comme suit la succession des assises crétacées :

1° *Néocomien inférieur*. — Calcaires dolomitiques du Djebel-Akral et du Kreneg ;

2° *Barrémien*. — Marnes à Ammonites pyriteuses du Djebel-Akral et du Djebel-Ouach ;

3° *Aptien*. — Calcaires du Zouaoui et du Karkara à *Ostrea aquila* ;

4° *Cénomanién*. — Calcaires à Caprines de la base du rocher de Constantine ;

5° *Turonien*. — Calcaires de la partie supérieure du rocher de Constantine ;

6° *Sénonien*. — Marnes brunes et marno-calcaires, à *Micraster Peini* du Chettaba ; marnes noires du Mansourah ;

7° *Sénonien supérieur*. — Calcaires durs à rognons siliceux du Chettaba.

Dans aucun de ces massifs, la succession n'est complète ; les superpositions sont masquées par les dépôts oligocènes intermédiaires, ou interrompues par des failles.

Il est probable que l'Albien, non défini, est représenté par les bancs supérieurs des calcaires du Zouaoui.

Il est important de constater, en outre, la superposition directe, sans faille ni étirement, des marno-calcaires du Sénonien sur les calcaires aptiens, au flanc Est du Karkara, ce qui paraît indiquer une émergence locale des massifs infra-crétacés pendant le dépôt des calcaires cénomano-turonien du rocher de Constantine, et expliquerait ce faciès récifal du Cénomanién.

En dehors de ces massifs crétacés, la feuille de Constantine est occupée par les formations oligocènes, miocènes et pliocènes, dont la succession a été indiquée dans les études antérieures.

Il convient de remarquer que les calcaires travertins, disséminés en lambeaux à la surface des argiles oligocènes, à Mila, à El-Malah, etc., où ils semblent même intercalés dans ces argiles à gypse, ne sont que des lam-

beaux de démantèlement des calcaires lacustres pliocènes.

Ces calcaires (travertins d'El-Hadj-Baba) occupent une grande surface à l'Ouest du massif du Chettaba, et autour du Djebel-Akral, où ils sont portés jusqu'au sommet culminant (1.256 mètres).

II. Massif de l'Aurès. — M. Ficheur a continué, cette fois en compagnie de M. Lantenois, ses études sur le massif de l'Aurès, dont la tectonique est si remarquable.

Ses observations, facilitées par le concours empressé qu'il a trouvé près de M. le commandant de Mussy, chef des brigades topographiques, et des officiers de la brigade topographique de l'Aurès, ont porté principalement sur la partie Sud-Est (Ahmar-Khaddou et dépression des Beni-Sliman), sur les crêtes du Lazereg, et la dépression du Bouzina.

Il a pu suivre, du Nord au Sud de l'Ahmar-Khaddou, le développement progressif de l'assise des calcaires du Sénouien supérieur (calcaires d'El-Kantara), qui atteignent jusqu'à 200 mètres au-dessus de Mchounech.

Les formations oligocènes ont une grande importance dans les cuvettes synclinales et dans les vallées isoclinales de l'Aurès, et se développent sur les derniers contreforts à la bordure du Sahara. Ce sont des dépôts analogues à ceux d'El-Kantara :

1° A la base, dans le fond des dépressions, marnes blanches avec bancs de gypse ;

2° Au dessus, puissant développement des conglomérats rouges, surmontés d'argiles et grès grossiers rouges, qui donnent à ces régions une intensité de coloration remarquable. Ces conglomérats atteignent 300 à 400 mètres d'épaisseur sur les bords de la cuvette, où ils relèvent fortement. La situation de ces dépôts, discordants sur les assises crétacées, indique que les érosions puissantes qui ont suivi les plissements post-suessoniens de ce massif, avaient déjà modelé le relief à l'époque oligocène, marquée

DU SERVICE GÉOLOGIQUE DE L'ALGÉRIE

par ces dépôts de transport, correspondant se aux vallées actuelles.

Ces conglomérats sont recouverts en bien et en discordance nette, notamment dans la l'Oued-Abdi, par les grès et calcaires à *Pecten* (Cartennien), de la même manière qu'à El-Kai

Les dépôts marins de l'époque cartennien étendus sur une grande partie du massif crétac Ouest, ainsi qu'en témoignent de nombreux qui relient les assises de la région d'El-Outaya Lambèse. Certains de ces lambeaux sont cons altitudes supérieures à 1.700 mètres.

III. **Djurjura oriental.** — La continuation détaillés du Djurjura, sur la feuille au 50.000^e a permis à M. Ficheur de vérifier l'exactitu assertions sur les situations relatives des calcair et des grès rouges, qui sont bien postérieur contrairement à l'hypothèse émise par quelque de la Société géologique de France sur l'âge de ces grès.

IV. **Massif d'Arzew.** — Les indications fourr fossiles crétacés recueillis par M. Pomel, dans d'Arzew, ont amené M. Ficheur à reprendre ce massif, à l'aide de la feuille au 50.000^e.

En dehors de ces fossiles, Ammonites Belemnites, peu déterminables, et Orbitolines probablement le Barrémien, les schistes et qu ce massif présentent, en dehors des parties phisées par les actions minérales, la plus gran d'aspect avec les argiles schisteuses et quartz miens du massif de Blida. Au Djebel-Orouss beaux schisteux se trouvent nettement supe calcaires-marbres du Lias, dont l'analogie av caires de Blida et du Mermoucha est encore quable. Ces calcaires sont repliés sur le fl

Djebel-Orouse et déversés sur les schistes argileux, qui paraissent ainsi inférieurs au Lias, d'où leur attribution antérieure au Trias.

Au Djebel-Kahar, les poudingues et schistes rouges et violacés sont également plus anciens que les schistes d'Arzew ; la superposition apparente sur le flanc Sud-Ouest est due à un renversement de l'assise des poudingues. L'analogie extrême de facies, de même que pour les poudingues de Beni-Menir, avec le Permien de la Provence, amène à conclure à l'âge permien de ces poudingues et schistes du Kahar (Montagne des Lions).

V. Le voyage de **Laghout** et de **Ghardaïa**, fait par MM. JACOB et FICHEUR, à l'occasion des travaux du sondage artésien de Ghardaïa, a permis de nombreuses observations de route sur les facies du crétacé dans la région de Laghouat.

Dans la Chebka du Mزاب, les gours qui surmontent le plateau dolomitique turonien sont formés de marnes à gypse avec lits de calcaires siliceux, dans lesquels aucun fossile n'a été rencontré ; ce sont probablement des représentants du Sénonien inférieur.

Les environs de Bousaâda ont été l'objet de quelques observations tectoniques, et enfin la coupe de Msila à Bordj-bou-Arréridj a permis de constater l'analogie des assises d'argiles à gypse et poudingues rouges du versant Sud du Mahdid avec les couches d'El-Kantara, et de justifier leur attribution à l'Oligocène.

M. BLAYAC a continué ses études sur la région d'Aïn-Fakroun et les montagnes voisines, le Djebel-Djaffa, Djebel-Fortas, Djebel-Hazebri, Djebel-Guérioun. Il a prolongé ses recherches au Sud et à l'Ouest dans les chaînons qui environnent les bassins des chotts, Djebel-Maghzel, Djebel-Hanout, Djebel-Nif-en-N'Ser, dont il a délimité les formations géologiques sur une carte au 200.000^e.

I. **Région des Chotts.** — Ses observations ont confirmé son interprétation antérieure, sur l'âge des calcaires massifs du Djebel-Hazebri (Aptien à Orbitolines), du Djebel-Guérioun (calcaires à *Toucasia*) et du Nif-en-N'Ser. Sur le flanc Est, à la base de cette dernière montagne s'appuient des couches marno-calcaires à *Ostrea flabellata* et *Aspidiscus cristatus* (Cénomaniens) autour de Boutinelli et au voisinage immédiat du chott Tinecilt.

Les couches jurassiques d'Aïn-Yagout, dans l'axe de l'anticlinal néocomien, présentent des calcaires rouges qui correspondent à l'Oxfordien fossilifère de la chaîne du Touggourt de Batna.

Au voisinage des chotts, Tinecilt, Zmoul, Ank-Djemel, Djendeli, existent de nombreux pointements gypso-salins, avec argiles irisées et cargneules, dont le facies est semblable à celui des assises triasiques du Chettaba. La salure des eaux des chotts voisins provient en majeure partie de ces affleurements, mais résulte aussi du lavage des assises oligocènes qui renferment également du gypse et du sel.

II. M. Blayac a repris, dans les premiers mois de l'année 1897, l'étude de la région de Souk-Ahras, et il a délimité, en majeure partie, les limites géologiques sur la feuille au 50.000^e de Souk-Ahras.

L'attention sur cette région a été attirée, sur l'observation de M. M. Bertrand, par l'importance des masses incohérentes d'argiles gypseuses, de cargneules, avec quartz bipyramidés et pyrites. La stratification y est absolument indéfinissable, sauf en quelques points où les argiles bariolées empâtent des lambeaux plus ou moins importants de calcaires bleuâtres, durs, souvent dolomitiques.

Ce terrain gypseux, à facies triasique, a été l'objet d'une étude détaillée, dans ses relations avec les formations voisines. Les calcaires en plaquettes près de l'hôpi-

tal de Souk-Ahras et sur la route de la Calle, présentent des moules de bivalves, parmi lesquels un examen minutieux a permis à M. Munier-Chalmas de reconnaître un *Mytilus* assez commun en Lorraine dans l'Infra-Lias : *Mytilus psilonoti* Quenstedt. La présence de ce fossile et l'analogie de facies que présentent ces calcaires, et aussi l'ensemble du terrain gypso-dolomitique, avec certaines parties du Trias de Provence, et les pointements analogues des Pyrénées occidentales, ont conduit M. Blayac à considérer ces dépôts gypseux comme triasiques.

Une grande partie de ces observations a été faite en compagnie de M. Gentil.

D'autres lambeaux, absolument analogues comme facies, et non moins importants, s'échelonnent vers le Sud-Ouest jusqu'au Djebel-Zouabi. Une masse importante du même terrain s'étend au Nord-Ouest, à partir de Laverdure, et autour du Djebel-Nador, dans la vallée de la Seybouse.

Étudiant les relations de ce terrain disloqué avec les formations sédimentaires voisines, MM. Blayac et Gentil ont constaté que le Sénonien calcaire à Inocérames, le Suessonien et le Medjanien viennent reposer sur ce terrain gypseux, et, en outre, qu'en plusieurs points les couches inférieures de ces différentes formations présentent des poudingues avec éléments roulés d'argiles bariolées et de cargneules du terrain sous-jacent (*).

Les terrains crétacés anté-sénoniens ne se montrent qu'à une certaine distance à l'Est, le Cénomaniens dans la vallée de la Medjerda ; au Nord, le Barrémien à Medjez-Sfa paraît cependant au voisinage de la masse gypseuse.

M. Blayac a été conduit à rattacher au Suessonien les couches marneuses de Zarouria, qui se relie à celles du

(*) Une étude détaillée sur le Trias de la région de Souk-Ahras a été publiée par MM. Blayac et Gentil dans le *Bull. de la Soc. Géol. de France* (14 juin 1897).

Dekma, et qui avaient été considérées comme helvétien-
tiennes.

M. BRIVES a porté ses observations sur la région de la rive gauche du Chélif, qui s'étend depuis Orléansville jusqu'à Saint-Denis-du-Sig.

I. Sur toute la bordure, l'Helvétien forme une bande continue et présente sensiblement la même constitution.

1° A la base, des argiles gris-bleuâtres reposant en discordance sur les poudingues Cartanniens ;

2° Grès et poudingues avec fossiles à l'état de moules ;

3° Marnes bleues, passant à des marnes sableuses à nombreux fossiles bien conservés, parmi lesquels : *Cardita Jouanneti*, *Ancilla glandiformis*, *Pyrula condita*, *Pecten* cf. *planosulcatus*, *Ostrea crassissima* ;

4° Calcaires à *Lithothamnium* de l'Oued-Riou.

Tout cet ensemble représente le groupe Helvétien, indépendant du Sahélien, qui se développe vers l'Ouest (Perrégaux), où il présente la succession suivante :

a) Zone micacée ;

b) Marnes blanches à rognons de silex ;

c) Gypses interstratifiés ;

d) Marnes blanches feuilletées avec tripoli.

Cette série est absolument la même que dans le Dahra.

Vers Bou-Henni, au Djebel-Sakeif, les parties supérieures des marnes deviennent plus calcaires, et, le long du chabet Fra-ben-S'rir, ce sont des calcaires massifs à échinides et mélobésies qui représentent ce niveau.

Ce qui confirme les données fournies par les études antérieures.

II. Au Nord du Chélif, M. Brives a continué les tracés géologiques des feuilles au 50.000° du Dahra, notamment la feuille de Charon.

La succession des formations miocènes et pliocènes

est absolument identique à celle qui a été décrite dans la feuille voisine de Renault.

C'est surtout en suivant le chemin qui conduit de Charon à Rabelais que la discordance entre les divers étages est le plus manifeste.

III. **Feuille de Ténès.** — Le Cartennien est représenté par des poudingues distribués en une série de témoins sur les contreforts du massif des Beni-Hidja.

Le crétacé est représenté par le Danien et le Sénouien marneux.

Au Nord de Montenotte, les travaux d'exploitation de la mine de fer ont mis à jour des calcaires bréchoïdes de l'Éocène moyen et des calcaires blancs compacts semblables à ceux du cap Ténès, et attribués au Lias moyen, ces derniers renversés sur les précédents.

Ce renversement montre la superposition anormale suivante :

- 1° Calcaires du Lias moyen ;
- 2° Brèches calcaires de l'Éocène moyen ;
- 3° Poudingues et grès de Cartennien ;
- 4° Marnes cartenniennes.

En discordance au-dessus de cette série renversée s'étend l'Helvétien marneux.

M. FLAMAND a poursuivi ses études sur les Hauts-Plateaux oranais (région de Saïda) et a fait de nouvelles observations sur quelques points de la région littorale (Aïn-Nouissy, Arzew).

I. **Hauts-Plateaux oranais.** — La vallée de Tifrit, si intéressante déjà par la découverte faite par M. Flamand de fossiles des divers étages du Lias, a fourni à son étude récente des documents importants pour la classification des assises schisteuses antérieures au Lias.

A. Les terrains *anté-triasiques* comprennent deux séries d'assises distinctes et discordantes, ainsi classées :

S₁, Schistes et quartzites des Traras et de Garrouban, renfermant, à la base :

a) Quartzites noirs, rouges et verts;

b) Schistes noirs ou verdâtres, passant à des schistes à chiasolithes, développés au Djebel-Lachdar en contact avec de nombreux pointements de roches granitoïdes et porphyriques;

c) Schistes argileux noirs, non cristallins.

S₂, Poudingues, grès, quartzites et argiles vertes; les poudingues renferment les éléments de S₁. Ces assises diffèrent lithologiquement des précédentes et sont traversées de filons épais de roches porphyriques et mélaphyriques; elles sont recouvertes en discordance absolue par les assises inférieures de la série liasique et peuvent être attribuées au Permo-carbonifère.

B. *Terrains infra-liasiques*, en couches presque horizontales, sur les assises précédentes fortement plissées, mais en concordance avec le Lias inférieur.

Les couches inférieures, formées de bancs épais de quartzites durs, alternant avec des calcaires marneux, jaune-de-miel, jusqu'ici sans fossiles, pourraient représenter le *Trias*.

L'*Infra-Lias*, reposant le plus souvent sur les schistes S₁, S₂, se compose de :

1° Conglomérat d'éléments quartzeux, granitiques et porphyriques des terrains S₁, S₂, passant à des Arkoses à petits grains (épaisseur 8 à 10 mètres);

2° Argiles métamorphisées par les venues mélaphyriques (15 à 20 mètres) avec coulées interstratifiées; sont principalement visibles au-dessus du Djebel-Khechba, où l'on observe des calcaires siliceux à *Cypricardia porrecta*, et des marnes et quartzites à *Cardinies*;

3° Calcaires gris-foncé très durs, siliceux, à nodules de silex rosés (25 mètres) servant de substratum au Lias inférieur.

RAPPORT SUR LES TRAVAUX

assise I paraît représenter l'étage *Rhétien* : les assises 2 et 3, l'étage *Hettangien*.

Terrains liasiques. — Les trois étages du Lias sont caractérisés par leurs fossiles :

Sinemurien. — Calcaires gris un peu siliceux, sub-sablonneux et même dolomitiques à la partie supérieure; les calcaires (10 à 12 mètres) sont très riches en *Spirifer*; ils forment les falaises supérieures de la vallée de l'Oued-Tifrit, et au Nord-Ouest de la Cascade; les fossiles principaux sont *Spiriferina Walcottii*, *Spiriferina rostrata*, *Strophomena giganteum*, *Pecten*, etc.;

Charmouthien. — Calcaires marneux (12 à 15 mètres), riches en brachiopodes, parmi lesquels : *Rhynchonella subquadrata*, *Rhynchonella variabilis*, *Terebratulina subquadrata* avec *Harpoceras normannianum*;

Toarcien. — Calcaires marneux rosés (10 mètres) à *Harpoceras radians*, *Pholadomya reticulata*, etc.

Au-dessus viennent les puissantes assises dolomitiques qui représentent le *Dogger* (*Bajocien-Bathonien*) (Dolomite de Saïda).

Saïda, le substratum visible dans le fond des ravins, les dolomies, est formé de calcaires rouges marneux équivalents au Lias supérieur de l'Oued-Tifrit.

Flamand a reconnu l'extension des assises jurassiques supra-oxfordiennes à l'Est du plateau des Hassasna. Elles contiennent des calcaires intercalés d'argiles vertes et rouges pseudo-cargneules, gisements de bois silicifiés.

Région littorale. — A. M. Flamand a étudié à nouveau les couches voisines du pointement gypso-ophiolitique d'Aïn-Nouissy; la découverte de fossiles lui a permis de préciser l'âge de ces couches.

Nord, ce sont les assises dolomitiques et des cargneules paraissant se rapprocher de l'Infra-Lias de Tifrit.

Sud, des quartzites alternant avec des calcaires argileux, qui renferment des moules de *Myophoria*

et de petits gastropodes d'espèces voisines de celles du Trias de la Thuringe, les gypses apparaissent subitement en concordance à la base des assises précédentes.

Ce lambeau paraît devoir se rapporter au Trias.

B. Massif d'Arzew. — Les schistes d'Arzew, ainsi que l'a constaté M. Ficheur, et d'après les fossiles (Ammonites pyriteuses et orbitolines) recueillis et signalés en 1881 par M. Pomel, doivent être rapportés au crétacé inférieur.

Au Djebel-Kahar, M. Flamand a remarqué une certaine similitude de facies entre les schistes et poudingues (poudingues de la montagne des Lions) et les couches de Tifrit.

A la plâtrière de Krichtel, le gypse est accompagné d'une roche ophitique, entourée de marnes irisées et calcineuses. La roche verte ophitique englobe des fragments de quartzites gris, identiques aux quartzites infra-liasiques de Tifrit ou d'Aïn-Nouissy. La venue de cette roche paraît donc postérieure à ces dépôts.

M. GENTIL a continué, de janvier à mars 1897, ses recherches dans la province d'Oran, et exploré successivement la région littorale d'Oran au cap Figalo et la vallée de la Tafna.

I. Région littorale d'Oran au cap Figalo (feuilles de Andalouses et de Lourmel). — Le *Cartennien* se poursuit sur le littoral, depuis Sainte-Clotilde (Oran) jusqu'à Madagre; il est surtout développé aux Andalouses (E Ançor) à l'état de marnes caractéristiques, reposant sur une zone de grès et poudingues.

C'est à la surface de ce *Cartennien* que s'étalent les coulées du volcan de Tifarouine (Mzaïta), dont l'étude a été faite dans le cours de l'année précédente.

M. Gentil a recherché avec soin l'origine des grès micacés qui se trouvent au-dessous du Sahélien : ils pro-

RAPPORT SUR LES TRAVAUX

ment de roches rhyolitiques dont le seul témoin visible rouve aux îles *Habibas*.

à se montrent en effet :

' Une éruption sous-marine d'une andésite à pyroxène, peut correspondre aux andésites à mica noir, ou bien andésite à hypersthène de Tifarouine;

' Des marnes à gypses, identiques à celles de Bou-jar, qui recouvrent les tufs et les coulées de cette éruption sous-marine;

' Ces marnes sont enfin recouvertes et modifiées par tufs et des filons de rhyolite.

Le résultat de ces études successives a conduit Gentil à admettre l'ordre chronologique suivant pour les dépôts miocènes et les éruptions volcaniques de cette zone littorale :

' *Cartennien*, constitué par des marnes plus ou moins argileuses, conchoïdes, avec quelques grès et poudingues à la base; fossiles à Sainte-Clotilde.

' *Miocène moyen*, grès à mica noir avec obsidienne, grès micacé à quartz bipyramidés (exceptionnellement grès à hypersthène au contact immédiat du volcan de Tifarouine).

Les grès passent latéralement à des marnes à cristaux de gypse (Bou-Zedjar, Habibas).

Pendant la durée des dépôts de cet étage se sont succédées d'importantes éruptions volcaniques :

) D'abord éruption d'andésite micacée et d'andésite à mica noir, qui ont fourni la plus grande partie des matériaux des grès micacés (Madagre, Bou-Zedjar, cap Figalo); l'andésite à pyroxène des Habibas paraît contemporaine;

) Formation du volcan d'andésite à hypersthène de Tifarouine;

) Éruption rhyolitique des îles Habibas.

' *Sahélien* (miocène supérieur), constitué par des calcaires blancs et marnes blanches, auxquelles il faut peut-

être associer quelques lits de grès à débris volcaniques à leur base. Ce Miocène supérieur est caractérisé par les fossiles d'Oran, de Bou-Zedjar, etc.

L'activité volcanique s'est au moins considérablement ralentie pendant cette période. Peut-être a-t-elle continué d'une façon effective au début. Dans la suite, elle s'est manifestée seulement par des émanations gazeuses et hydrothermales, qui ont amené au jour d'importantes quantités de silice gélatineuse qui ont considérablement altéré les roches rencontrées. Ces manifestations sont assez nettes aux Habibas. Elles sont très accentuées dans le volcan de Tifarouine. En ce point, les eaux siliceuses ont modifié l'*andésite* pour la transformer en une roche essentiellement silicifiée, qui a été parfois confondue avec des trachyphyres, des rhyolites, etc. De plus, elles ont également modifié les calcaires coralligènes du Sahélien, qui s'étaient déposés sur le revers méridional de l'ancien volcan.

4° Pliocène. — Cette formation continue le Pliocène d'Oran; au cap Figalo, il est constitué par des calcaires coralligènes avec *Pecten*, *Ostrea*, etc., recouverts de sables à hélices.

Ce terrain recouvre, au cap Figalo, le Sahélien modifié par silicification. Ainsi paraît être limitée, à la fin de l'époque miocène, l'activité volcanique de cette région.

II. Vallée de la Tafna. — M. Gentil a reconnu, sur le flanc Est du Sidi-Sfian aux Traras, le déversement des calcaires liasiques sur le Cartennien, et constaté à nouveau, sur ce versant, la discordance, bien nette, de l'Helvétien sur le Cartennien.

Éruptions volcaniques de la Tafna. — Les grès trachytiques qui forment la base du miocène moyen dans la région de Bled-Chaâba, proviennent du démantèlement de dykes assez puissantes d'une roche trachytique à grenat que M. Gentil a retrouvée en place, à Hammam-bou,

RAPPORT SUR LES TRAVAUX

a et à l'Oued-Malah, traversant les marnes cartennes.

es basaltes du Miocène inférieur, déjà reconnus l'année précédente aux Ouled-Riah, existent également dans l'Oued-Bekiou.

Les nouvelles observations sont venues s'ajouter à celles de M. Gentil avait précédemment signalées relativement aux basaltes du Miocène supérieur. Les grès à éléments exclusivement volcaniques, considérés comme un type sédimentaire, ne sont autres que des tufs aériens des volcans basaltiques. La présence de cailloux ronds et même de fragments d'huîtres, en certains points de ces tufs, s'explique par les projections de ces volcans; les roches étrangères proviennent de la base du Miocène supérieur.

. **Région de Souk-Ahras.** — M. Gentil, accompagnant M. Blayac dans une partie de ses courses de la région de Souk-Ahras, a étudié les roches éruptives rencontrées dans ce massif gypseux, dont il a été question ci-dessus.

. **RITTER**, collaborateur à la Carte géologique de France, chargé, par le Service géologique de l'Algérie, de l'importante étude du Djebel-Amour; dans cette première campagne, il a tracé les limites des différentes formations dans la plus grande partie de la feuille au 200.000^e d'Aflou.

Djebel-Amour. — Les terrains sédimentaires présentent une succession qui a été précisée par les travaux antérieurs. Les calcaires urgo-aptiens renferment *Ostrea Eos*, *Orthis Tisiphone*, *Terebratula sella*, etc.

Les grès à amandes ou à dragées paraissent devoir être rapportés à l'Albien. Au dessus vient la série des grès du Cénomaniens, avec bancs de gypse, surmontés de calcaires dolomitiques du Turonien.

Ritter s'est principalement attaché à l'étude tecto-

DU SERVICE GÉOLOGIQUE DE L'ALGÉRIE

nique de cette remarquable région, dont les plissements sont rendus manifestes par les tracés géologiques.

Les plis sont très serrés et donnent lieu à des allongées.

Le cœur du massif est formé par la cuvette synclinale d'Aflou, constituée par les grès albiens, surmontée d'assises calcaires de l'Urgo-Aptien. Au Djebel-Gourgrès sont surmontés du Cénomaniens et du Turonien. Nord de cette cuvette synclinale, un premier anticlinal long et étroit, est formé par les bancs calcaires aptiens redressés. Le synclinal suivant présente jusqu'au Turonien, qui constitue les sommets du Sid du Guern-Arif.

Au Nord se développe un anticlinal largement masqué en partie par les atterrissements dans sa partie occidentale; vers l'Est, au contraire, dans la direction de Sidi-bou-Zid, il laisse apparaître le Néocomien jusqu'au Jurassique.

Au Sud de la cuvette d'Aflou, un pli anticlinal important s'étend depuis le Djebel-Mehasseur jusqu'au Djebel-Taouiala, découvrant le Néocomien et même le Jurassique au Djebel-Ziad. Il borde, au Nord, le synclinal profond qui forme les Gadas, plateaux de grès albiens, profondément découpés.

II. M. Ritter a commencé, en outre, l'étude des roches éruptives du massif des Beni-Mimoun, au Sud de Sétif, granites et liparites, et constaté à nouveau la présence des granulites dans les assises de l'Éocène supérieur.

M. Ritter a fait encore une étude micrographique des minerais de fer d'Aïn-Oudrer, près Beni-Amram, calés dans les schistes précambriens.

§ 2. — PUBLICATIONS.

M. POMEL a continué la description des mammifères quaternaires de l'Algérie.

VICE GÉOLOGIQUE DE L'ALGÉRIE

topographies suivantes :

même,

quatre planches dessinées sur pierre

une Étude géologique sur les *ter-*
ra et de la vallée du Chélif, accom-
pagnée de coupes lithographiées par M. Fer-

égalelement à l'impression un fas-
cicule paléontologique, *Fossiles tertiaires*,
deux planches de fossiles dessinées par

deuilles de *Blida* et de *Médéa* au
au début de l'année 1897.

une de *Renault* au 50.000^e a été
l'impression en a été terminée dans
1898. La publication de cette feuille
à cause de l'importance de cette
si au point de vue purement strati-
fique la série la plus complète des
dans le Dahra, avec les diverses
séries. La feuille de Bosquet, qui la
sera donnée à l'impression dans le

Alger, le 30 juin 1898.

Directeurs,

J. POUYANNE,

Inspecteur général des Mines.

NOTES

SUR LES

CHAMPS D'OR DE COOLGARDIE

Par M. L. GASCUEL, Ingénieur civil des Mines.

INTRODUCTION.

La colonie d'Australie Occidentale (voir Pl. V, *fig. 1*), qui occupe presque toute la moitié ouest du grand continent australien, c'est-à-dire un territoire huit fois plus étendu que celui des Îles Britanniques, était, jusqu'à ces dernières années, à peu près inconnue du public non seulement en France, mais aussi en Angleterre, et même on peut dire en Australie. Les établissements de King George's Sound et de Perth sont pourtant parmi les plus anciens que les Anglais aient fondés dans l'hémisphère sud ; seulement le pays ne se prêtait pas aussi bien qu'autour de Sydney, de Melbourne ou de Brisbane, à l'élevage en grand du mouton, source première de la prospérité des colonies australiennes ; il fut donc délaissé. Quand vinrent les découvertes de riches gisements aurifères dans l'est, les affolantes trouvailles de Bendigo et de Ballarat, et que la fièvre de l'or gagna tout le continent, entre 1850 et 1860 on chercha aussi dans l'ouest, mais on ne trouva rien ; l'Ouest fut condamné ; on oublia littéralement son existence, et la pauvre colonie continua à végéter misérablement, tandis que ses voisines voyaient leur population s'élever à des centaines de mille âmes, construisaient des chemins de fer de tous côtés et s'enorgueillissaient de villes magnifiques comme Melbourne, Adélaïde, Sydney.

Cependant, en 1882, des explorateurs, s'étant aventurés dans le nord du pays, y découvrirent d'abord d'excellents pâturages pour les moutons dans les vallées inférieures des rivières Murchison, Gascoyne, Fitzroy, etc., ce qui venait fort à point, les terrains de parcours commençant à se faire rares dans l'est, puis enfin de l'or : les gisements de Kimberley. Ce fut le signal du réveil. De tous côtés les prospecteurs affluèrent ; la colonie fut fouillée dans tous les sens, et successivement on découvrit les champs d'or de Pilbarra, Ashburton, Murchison, Yilgarn, Dundas (voir Pl. V, *fig.* 1) ; la fortune souriait enfin à l'Australie Occidentale. En 1890, elle avait des voies ferrées assez étendues reliant la capitale, Perth, aux villes principales Albany, Bunbury, Fremantle, Geraldton ; la locomotive pénétrait même jusqu'à Southern Cross, centre principal des champs d'or de Yilgarn, situé à 250 kilomètres à l'est de Perth, en plein pays inconnu, désigné hier encore sur les cartes sous le nom de « Grand Désert de Victoria ». La colonie, jusque-là colonie de la Couronne, c'est-à-dire étroitement soumise à l'administration anglaise, devenait indépendante comme l'étaient, depuis longtemps déjà, Queensland, New South Wales, South Australia et les autres. Enfin, en 1892, l'impulsion finale est donnée par la découverte des champs d'or de Coolgardie, faite par le prospecteur Bailey et ses compagnons ; l'Australie Occidentale est désormais connue du monde entier. Aujourd'hui c'est un pays prospère ; le « Grand Désert de Victoria », qui en occupe bien plus de la moitié, n'épouvante plus personne ; la voie ferrée y pénètre jusqu'à Kalgoorlie et Menzies, à près de 700 kilomètres de la côte ; demain elle le traversera de part en part pour aller se souder au réseau Sud-Australien et réaliser ainsi le transcontinental de Perth à Adélaïde, Melbourne et Sydney ; il est sillonné de diligences, de bicyclistes, de convois de chameaux, conduits par des Afghans, de lourds attelages, qui circulent entre

les nombreux camps miniers. C'est l'image même de l'activité et de la vie qui sont venues à l'Australie Occidentale, après une longue période d'inertie et de sommeil. Cette activité, cette vie, ce sont les champs d'or de Coolgardie qui les ont créées et qui les alimentent.

Les champs d'or de Coolgardie. — Le territoire compris sous la dénomination de « Champs d'or de Coolgardie » (voir Pl. V, *fig.* 2, et Pl. VI) est immense : il ne mesure pas moins de 170.000 kilomètres carrés de superficie. Sans doute il n'y a pas de l'or sur toute cette étendue, et il s'y trouve nombre de parties très peu connues encore. Mais il y a aussi de très nombreux districts aurifères assez rapprochés les uns des autres : Coolgardie, Kalgoorlie, Menzies, Kurnalpi, Kanowna, Bulong, Wiedjiemoolta, etc. La capitale du territoire et la ville la plus importante aujourd'hui de l'Australie Occidentale, c'est Coolgardie.

La ville de Coolgardie est située à 600 kilomètres environ de la côte occidentale de l'Australie, droit à l'est de Perth, à peu près sous le 31° degré de latitude sud. Elle s'est fondée en 1893. Dès que le bruit de découvertes merveilleuses se fut répandu dans les colonies de l'est et dans le monde, les chercheurs d'or arrivèrent de partout et formèrent un vaste camp à côté même de l'endroit où Bailey, ayant voulu enlever une pierre contre laquelle son cheval avait buté, avait relevé un morceau d'or. Ce camp est devenu la ville actuelle, peuplée de quinze à vingt mille âmes, et où on peut vivre aussi confortablement que dans une ville d'Europe, si on fait abstraction, toutefois, de la chaleur, de la poussière et des mouches, les trois fléaux australiens par excellence.

Les champs d'or sont un pays complètement plat, sauf des reliefs très rares et très peu accusés, situés à une altitude moyenne de 350 mètres au-dessus du niveau de la mer. Le climat est excessivement sec et, grâce à cela sans

doute, assez salubre ; il y pleut deux ou trois fois par an dans le cours d'un seul mois, celui de juillet ; presque aussitôt après recommencent des chaleurs torrides qui durent neuf mois de l'année. Le sol est une terre sablonneuse rouge avec de nombreux débris de quartz et des fragments ferrugineux ; il est couvert d'une forêt continue d'arbres de la famille des Eucalyptus, dont les troncs sont assez distants les uns des autres pour que la circulation soit facile ; le sous-bois est maigre et peu fourré : ce sont des arbustes du genre *Spinifex* ; pas un brin d'herbe, nulle part aucun ruisseau.

De temps à autre on rencontre des dômes granitiques perçant la terre rouge ; ils sont élevés de quelques mètres à peine au-dessus du plateau ; ils sont extrêmement précieux, car, sur leur pourtour, on trouve, en général, des sables imprégnés d'eau, saumâtre toujours, et dans les creux des rochers l'eau des pluies se conserve quelque temps ; or la question de l'eau est capitale dans ce pays. Quelques-uns de ces soulèvements granitiques forment des collines atteignant jusqu'à 150 mètres de hauteur : ces collines sont rares et toujours isolées.

Il y a des lacs dans les champs d'or. On désigne sous ce nom de vastes dépressions sablonneuses, dénudées, où il n'existe le plus souvent pas une seule goutte d'eau visible, mais où, en certains points, sous une mince croûte superficielle, les sables sont tellement imprégnés que la traversée d'un « lac » inconnu est chose fort périlleuse. La surface de ces « lacs » est couverte de myriades de cristaux de sel, qui, réfléchissant la lumière, produisent un mirage d'une intensité et d'une netteté extraordinaires ; même prévenu, on croit absolument voir une magnifique nappe d'eau ombragée par de grands arbres.

Le sous-sol est formé de roches, décomposées jusqu'à une profondeur très variable, suivant les localités et même les divers points d'une même localité, mais qui

n'est guère supérieure à 50 mètres ; ces roches sont des granites et des roches basiques vert foncé, principalement amphiboliques. On connaît fort peu de chose sur l'étendue occupée par chacune de ces deux espèces de roches et à peu près rien sur leurs relations réciproques. Elles sont recoupées en certains points — qui constituent les différents districts aurifères — par des filons dont les affleurements sont très rarement visibles, la terre rouge recouvrant le sous-sol d'un manteau de 1^m,50 à 2 mètres d'épaisseur.

Nous ne pouvons songer à faire ici la monographie de chacun des districts aurifères des champs d'or de Coolgardie ; cela nous entraînerait trop loin, et d'ailleurs nous ne les avons pas tous visités. Nous parlerons simplement des trois plus importants d'entre eux, ceux de Coolgardie, de Kalgoorlie et de Menzies ; nous dirons aussi quelques mots de celui de Norseman, dans les champs d'or de Dundas.

DISTRICTS AURIFÈRES.

I. *District de Coolgardie.* — Ce district s'étend autour de la ville de Coolgardie. Il y a là un grand nombre de filons de quartz recoupant les uns le granite, les autres, et c'est la grande majorité, la diorite ; ils accompagnent le contact des deux roches qui se fait sous la ville même, suivant une ligne orientée à peu près nord-sud ; ils sont dirigés, pour la plupart, suivant le nord-nord-ouest ; ils sont presque verticaux, tout au moins très fortement inclinés, surtout dans la zone intacte de la roche encaissante, qui commence vers 30 mètres de profondeur ; dans la zone supérieure oxydée, leur inclinaison est souvent plus faible, tout en restant encore considérable. On en trouve de toutes les épaisseurs, jusqu'à 2 et 3 mètres ; la moyenne paraît être de 0^m,80 à 1 mètre. Leurs épontes

sont nettes, surtout dans la zone oxydée; les plans de contact y sont polis, striés, souvent recouverts d'une mince couche argileuse noirâtre; dans la zone intacte, le quartz et la roche se pénètrent souvent l'un l'autre, soit par pointements alternés, soit par bandes ou filets parallèles se succédant sur une certaine épaisseur; il n'y a plus, dans ce cas, d'épontes proprement dites.

Ces filons présentent assez fréquemment la structure en chapelets; quelques-uns même se réduisent à de simples lentilles isolées les unes des autres; pourtant, en général, on peut les suivre sur des distances assez considérables pour qu'il n'y ait pas lieu de douter qu'ils soient de vrais filons de fracture; et sans doute les travaux des mines établiront qu'ils ne se coincent pas en profondeur.

Le quartz de ces filons est, en général, exempt de toute intercalation rocheuse, c'est-à-dire blanc et pur: il est opaque et laiteux quand il est stérile, translucide et à éclat gras quand il renferme de l'or finement disséminé; dans ce cas, il est assez fortement minéralisé et alors ferrugineux, carié, coloré en jaune dans la zone oxydée supérieure, semée de mouches de pyrite, de chalcopryrite, de mispickel, de galène, de blende dans la zone intacte. La pyrite est le minéral le plus répandu; quelques filons, celui de Bailey's Reward, par exemple, donnent beaucoup de mispickel; la chalcopryrite est assez rare, la galène et la blende également.

Dans la zone oxydée, l'or est à l'état libre, soit finement disséminé dans la masse, soit en particules visibles: grains, mouches, filaments, plaques, ou encore pellicules très minces comprises dans ce qui paraît être des plans de clivage du filon et visibles, grâce à la translucidité du quartz (Vale of Coolgardie). Dans la zone intacte il est combiné ou associé aux divers sulfures.

Au point de vue de la fine dissémination de l'or dans la masse du quartz, les filons de Coolgardie se divisent en

deux classes : ceux où la masse est à peu près stérile (quartz laiteux et opaque), ceux où elle est assez riche pour être broyée (quartz translucide à éclat gras); les derniers sont d'une richesse assez régulièrement distribuée sur des étendues plus ou moins importantes; les premiers, au contraire, sont d'une irrégularité excessive; l'or y est concentré dans des zones extrêmement peu étendues, mais très riches; c'est le filon de Bailey's Reward, par exemple, qui a produit en quelques mois plus d'une tonne et demie d'or, mais qui ne peut plus depuis longtemps faire vivre l'exploitation; c'est encore le filon de Londonderry, d'où les premiers prospecteurs retirèrent 8.000 onces — près de 250 kilogrammes d'or — d'un trou de 1^m,50 de largeur, 1^m,80 de longueur et 0^m,75 de profondeur, mais qui est aussi incapable que celui de Bailey's de fournir une production régulière; ces deux filons sont puissants et réguliers; seulement leur teneur moyenne ne dépasse guère 4 à 5 grammes.

L'or et les minéraux sont distribués dans le corps du filon sans ordre apparent. Même en dehors des cas extrêmes de Bailey's et de Londonderry, on peut dire que la richesse, dans le district de Coolgardie, est irrégulière : elle n'y est pas en « chutes » bien marquées. Dans quelques cas, sur une certaine distance, il y a concentration au voisinage d'une éponte, le plus souvent du toit; dans d'autres cas, à la mine Vale of Coolgardie par exemple, la concentration se fait dans une zone de 3 à 4 centimètres d'épaisseur, occupant le milieu du filon et se poursuivant parallèlement aux épontes. A Londonderry il existe une zone de ce genre, mais plus rapprochée du toit que du mur; elle est formée de quartz translucide, de mica blanc en nids et d'argile blanche; dans les parties riches du filon on a observé que cette zone était très enrichie, de même que la région comprise entre elle et le toit. Peut-être faut-il y voir le produit d'une réouverture;

il est à remarquer en tous cas que le filon de Vale of Coolgardie recoupe le granite et que celui de Londonderry est très voisin de cette roche.

On rencontre dans le district quelques exemples, rares il est vrai, de filons couchés. Ainsi, à la mine Westralia, on connaît un filon plat (*flat reef*) très curieux : c'est une véritable couche de quartz très régulière paraissant formée d'assises parallèles au mur ; l'épaisseur est de 0^m,60 à 0^m,70 ; l'inclinaison est de 6 à 7 p. 100 seulement. Ce filon, qui recoupe le granite, donne un quartz aurifère d'un très bel aspect, renfermant une assez forte proportion d'or visible et très riche en mispickel.

La roche encaissante est, avons-nous dit, le plus souvent la diorite. C'est une roche compacte, à grain fin, très dure dans la zone intacte ; dans la zone supérieure oxydée elle est tendre, mais assez consistante. Sa couleur normale est le vert foncé ; oxydée, elle est rougeâtre ou jaunâtre avec parties brunes. Au voisinage du filon, elle est altérée ; dans la zone intacte, cette altération se trahit par une dureté moindre, une texture plus grossière, une couleur brunâtre, en même temps qu'il y a pénétration de silice et de pyrites, le tout sur une épaisseur pouvant atteindre jusqu'à 1 mètre et 1^m,20 ; dans la zone oxydée il y a transformation en masse serpentineuse, en schistes noirs, sans doute par imprégnation de graphite, parfois scorification véritable ; ces parties altérées forment sur les éponges des masses allongées lenticulaires ayant jusqu'à 1^m,50 d'épaisseur au centre et placées surtout au toit ; ces masses sont presque toujours aussi riches que le filon lui-même, et on les enlève en même temps que lui. A mesure qu'on gagne en profondeur, elles diminuent d'importance et de richesse ; dans la zone intacte on n'enlève plus rien sur les éponges, sauf la couche argileuse qui les recouvre parfois et sur laquelle souvent se trouvent de minces pellicules d'or.

Il arrive quelquefois que deux filons sont très voisins l'un de l'autre et que toute la zone de roche encaissante située entre eux est altérée et minéralisée ; il y a alors production d'une région aurifère assez large dans les parties supérieures ; on désigne ces régions, à Coolgardie, sous le nom de *formations* ; on en rencontre des exemples aux mines Big Blow, Burbank, etc., où les « formations » atteignent jusqu'à 25 et 30 mètres de largeur.

La teneur moyenne des filons de Coolgardie est assez difficile à évaluer, car la richesse est assez irrégulière ; on peut l'estimer à une trentaine de grammes par tonne dans les exploitations actuelles.

II. *District de Kalgoorlie.* — Le district aurifère de Kalgoorlie a été découvert en juin 1893, par une Compagnie de chercheurs d'or, dont l'un, Hannan, se hâta d'aller faire sa déclaration de découverte, afin de s'assurer le « claim » de récompense ; de sorte que le camp minier qui se forma aussitôt en ce point fut longtemps désigné sous le nom de Hannan's. C'est ce camp qui est devenu la ville actuelle de Kalgoorlie, située à une soixantaine de kilomètres à l'est de Coolgardie.

Après l'épuisement des placers superficiels, qui ont été toujours très riches, mais d'une très faible étendue, dans les champs d'or, à cause du peu d'importance des ravinements, on chercha à Kalgoorlie, comme ailleurs, les filons de quartz aurifère ; on en trouva bien, mais ils se montrèrent fort pauvres ; bientôt ils furent à peu près abandonnés, et Hannan's jouit d'une fort mauvaise réputation. Or de nouveaux venus, peu au courant des conditions habituelles de gisement du métal précieux, peut-être aussi ne pouvant pas aller plus loin, faute de ressources, se mirent à fouiller dans les trous désertés ; ils y trouvèrent bientôt de l'or en abondance, mais pas sur le quartz ; le minerai, c'étaient des morceaux de roche schisteuse

décomposée, de couleur jaunâtre, ou rougeâtre, ou brunnâtre : les fameux *lodes* de Kalgoorlie étaient découverts.

Ces *lodes* ou *formations*, ou tout simplement ces filons, sont dirigés au Nord-Ouest et à peu près verticaux ; ils sont compris dans une bande de terrain large de 250 à 300 mètres ; on en trouve plusieurs en allant d'un bout à l'autre de cette bande ; parfois des ramifications les réunissent les uns aux autres ; leur épaisseur est très variable, depuis 0^m,80 jusqu'à 15 et 20 mètres ; ils se poursuivent sur de très longues distances : on en connaît qui ont plus de 3 kilomètres de longueur.

Ce sont simplement des zones minéralisées, oxydées, *schistifiées*, de la roche encaissante, laquelle est la diorite ; mais cette roche est, elle aussi, oxydée et schistifiée dans les parties supérieures ; aussi — l'or étant peu visible — ne peut-on distinguer l'un de l'autre le filon riche et la roche stérile. D'ailleurs, cette distinction ne peut se faire, même avec des essais directs, car le filon n'a pas de limites transversales définies ; à partir d'un centre, la teneur diminue progressivement, mais ne s'annule presque jamais ; on s'arrête dans l'exploitation au point où elle devient insuffisante. Parfois, dans le corps du filon, c'est-à-dire dans les parties très aurifères de la roche, on aperçoit quelques minces filets quartzeux, quelques veines plus siliceuses, ou bien on remarque une fissilité très considérable sur une certaine longueur ; ces caractères sont toujours irréguliers, très fugitifs, d'une observation difficile.

La richesse dans ces filons est répartie en *chutes* allongées, inclinées vers le sud et se succédant l'une à l'autre en direction en se recouvrant partiellement. Ces chutes, souvent fort étendues, sont formées elles-mêmes de masses lenticulaires de faibles dimensions, très riches, très voisines les unes des autres, de telle sorte que l'ensemble de la colonne de richesse est d'une très belle

teneur, tandis que l'on constate des variations locales très brusques et très considérables.

Tous ces caractères sont ceux des filons considérés dans la zone supérieure oxydée de la roche encaissante; ils se modifient à mesure qu'on pénètre en profondeur : peu à peu les épontes se manifestent, d'abord par une brusque diminution de la richesse, puis, à la vue, par un plan de contact; en même temps les filets quartzeux ou siliceux se multiplient dans le corps du filon; la puissance utile diminue; enfin, quand on arrive au niveau hydrostatique, on a un filon véritable compris entre deux épontes nettes. Dans cette région, les filons de Kalgoorlie sont encore très peu connus, car on y pénètre à peine; ils semblent formés de quartz chargé de débris schisteux; à la mine Lake View, par exemple, au niveau inférieur on a une sorte de schiste ardoisier très siliceux.

La profondeur à laquelle cesse la zone oxydée supérieure, qui a fourni jusqu'à présent tout l'or de Kalgoorlie, est des plus variables; à la mine Brown Hill, l'oxydation pénètre jusqu'à plus de 120 mètres; à Lake View, elle cesse vers 50 mètres; à Boulder Perseverance, elle ne va même pas à 20 mètres; à Ivanhoe, on a constaté des différences de plus de 30 mètres d'amplitude sur un même filon. Il arrive d'ailleurs qu'on rencontre des blocs non oxydés au milieu de la zone d'oxydation, de même que parfois on rencontre le niveau hydrostatique avant d'être sorti de cette zone.

Les filons de Kalgoorlie sont recoupés et rejetés par des filons de quartz blanc et pur à peu près stériles, dirigés Est-Ouest (Ivanhoe), ou par des bandes d'une roche schisteuse grisâtre (Lake View); ils sont accompagnés parfois de masses schisteuses noirâtres, sans doute imprégnées de graphite.

Les deux caractères tout à fait spéciaux du district de Kalgoorlie sont : 1° la nature et l'aspect du minerai de

SUR LES CHAMPS D'OR DE COOLGARDIE

ydée, ainsi que l'état sous lequel se trouve cette zone; 2° la nature des minéraux qui se trouvent dans la zone intacte.

On dit que, dans la zone oxydée, rien ne distingue un morceau de minerai d'un morceau de roche.

Voici une analyse qui montre qu'à l'identité près joint sans doute l'identité de composition chimique; c'est celle d'un fragment de bon minerai.

.....	48,43
.....	1,90
.....	13,29
.....	9,86
.....	2,03
.....	7,75
.....	3,66
.....	0,33
3, etc.....	12,65
	<hr/>
	100,00

minerais de la zone oxydée, l'or se trouve à l'état sous trois formes : en grains plus ou moins gros, mais le plus généralement microscopiques; en fines lamelles appliquées sur les plans de schistosité (*paint gold*); enfin, d'après les découvertes récentes, en poudre brune amorphe; en un mot, à l'état de division extrême.

Dans la zone intacte, les minéraux les plus abondants, dans certaines régions, sont des tellurures; il y a de la pyrite ordinaire et du mispickel; parmi les sulfures on a reconnu, paraît-il, la calavérite; on y a de la sylvanite et de la hessite. Certains minéraux de Great Boulder par exemple, renferment des sulfures; d'autres, comme celui de Boulder Creek, ne contiennent à peu près que des tellu-

EXPLOITATION.

On des gisements aurifères des champs d'or entre maintenant à peine dans la période 1 a été là aux débuts comme dans tous or du monde ; il s'est agi avant tout d'aller nire coûte que coûte, surtout de pouvoir par les journaux des résultats de broyage eux les uns que les autres, afin d'utilisations toute la puissance du *boom*. Pour e d'un côté on abattait bravement, sans avoir ème reconnu le gisement, on choisissait d'un rec soin le minerai destiné aux premiers aissant dédaigneusement sur le carreau tout sait inférieur ; les résultats ne se sont pas attendre, et la chute, comme toujours, a été ue profonde ; à un moment donné, il n'a plus 'extraire une tonne de la mine, et le traite-rais en réserve à l'orifice des puits a été roduire la quantité d'or qu'annonçaient les s. Toutes les entreprises minières des champs urdie ont traversé cette crise ; quelques-unes, chesse exceptionnelle des gisements, s'en ns trop d'encombre ; la plupart y ont vu crédit ; actuellement, celles qui s'appuyaient e réelle valeur sont en train de se reconsti-es, qui n'avaient vécu quelque temps que spéciale du *boom*, ont bien définitivement

on proprement dite des filons dans les ie présente aucune particularité ni aucune ales ; le quartz est de dureté ordinaire ; ne dans la zone oxydée, se tient bien ; on

SUR LES CHAMPS D'OR DE COOLGARDIE

ont été très nombreux. De même des procédés plus ou moins compliqués et bizarres, tels qu'à et là, qui ont pareillement échoué. On s'en tient à peu près exclusivement aux pilons ordinaires, venant pour la plupart, des usines d'Adélaïde ou de Melbourne, d'Angleterre, le plus petit nombre d'Améliement après broyage n'est intéressant qu'à l'on a affaire à des minerais spéciaux.

est le seul district qui soit actuellement en de production. Son importance est considérable, il a fourni à lui seul près de la moitié de par l'Australie Occidentale : 9.156^{kg},600 onces sur un total de 20.992^{kg},500 onces. Voici un tableau donnant la production des mines :

	En 1897 Kilogr. gr.	Depuis l'origine Kilogr. gr.
ler.....	2.590,380	5.159,610
.....	1.442,800	2.737,990
.....	787,600	1.256,560
rown Hill.....	672,760	942,110
mines.....	857,050	257,050
severance.....	703,480	756,630

eat Boulder broie depuis le mois d'avril 1895; son rendement de 2 onces 11 dwt, soit une once métrique de minerai sur les plaques.

ake View a été constituée en juin 1896; sur les quinze premiers mois d'exercice, jusqu'à fin août 1897, les résultats suivants :

	Tonnes métriques.	Kilogr. gr.	Francs.
Minerai broyé.....	14.803, rendement	1.168,800 valant	3.911.575
Tailings traités.....	5.667 —	197,890 —	623.575
Concentrés vendus...	?	.....	valeur : 264.350
Total de la production....			4.799.500
Les dépenses de toutes natures se sont élevées à.....			1.578.300
Les bénéfices nets ressortent donc à.....			3.221.195
Le capital de l'affaire est de.....			6.250.000

A Lake View comme à Great Boulder, on emploie des pilons pour broyer le minerai; on cyanure les tailings et une partie des slimes; pendant les premiers temps on traitait les concentrés dans des pans d'amalgamation du type Berdan; on tend aujourd'hui à supprimer l'emploi de l'eau, à sécher les minerais dans des fours et à les cyanurer directement après broyage à sec.

Aux Associated Mines, on emploie pour le broyage des moulins Huntington; à Ivanhoe, on a des pilons.

Une question des plus importantes à Kalgoorlie est celle du traitement des slimes. Le minerai en donne 50 p. 100 en moyenne; ce sont des boues d'une finesse extrême, mais fort riches, plus riches bien souvent que les concentrés même, à cause de l'état de division où se trouve l'or. On a essayé à Brown Hill et à Lake View de les classer au moyen de caisses de dépôt, de cyanurer ce qu'on recueille et de passer le reste au filtre-pressé. Ce système réussit, paraît-il, assez bien, et on arrive à extraire au total 90 p. 100 de la teneur des minerais.

Les concentrés deviennent de plus en plus importants à Kalgoorlie, à mesure qu'on pénètre davantage dans la zone intacte. Jusqu'à présent on les expédie aux usines de fusion d'Adélaïde. Une Compagnie vient de se former récemment pour élever une usine de traitement sur la côte ouest australienne, aux environs de Perth.

PRIX DE REVIENT.

Un certain nombre de causes se réunissent, dans les champs d'or de Coolgardie, pour élever assez fortement le prix de revient à la tonne broyée. Ces causes sont la rareté du combustible, la pénurie de l'eau, la cherté de la main-d'œuvre, l'importance des frais généraux.

1° *Combustible*. — Il n'y a pas d'autre combustible dans les champs d'or que le bois fourni par le *bush*, la forêt australienne. Ce bois est un excellent combustible sans doute; mais on en consomme beaucoup, et la forêt est clairsemée; aussi le pays se dénude-t-il rapidement autour des centres de production, autour de Kalgoorlie en particulier, si bien que la dépense par tonne traitée augmente constamment; on cite des mines où elle dépasse 7 fr. 50 et 8 francs. Le charbon est fort cher : 55 à 60 francs la tonne; il vient de New South Wales, à l'autre extrémité du continent australien; on n'en connaît pas de gisement ayant quelque valeur en Australie Occidentale. Il baisserait de prix sans doute, si la voie ferrée unissait les champs d'or au port d'Espérance. Mais cela n'arrivera pas de longtemps; Perth et Fremantle n'entendent pas être dépouillées des bénéfices considérables que leur procure le trafic avec la région de Coolgardie, et Perth et Fremantle, c'est le Gouvernement. La dépense en combustible continuera donc à s'élever vraisemblablement jusqu'au moment même où le charbon, dont on finira, il faut l'espérer, par abaisser le prix de transport, pourra entrer en scène.

2° *Eau*. — Nous avons vu qu'il n'y a pas une goutte d'eau à la surface du sol dans les champs d'or. Quelques mines, étant situées non loin d'un « lac », se procurent de l'eau en la pompant des parties imprégnées de ce lac; c'a été même le seul moyen de se tirer d'affaire aux

débuts, et la mine Great Boulder, en particulier, y a eu recours pour ses premiers broyages. Mais c'est un moyen coûteux et qui, de plus, n'est pas à la portée de toutes les exploitations.

Heureusement on a rencontré un peu partout, dans les travaux souterrains, des venues d'eau — toujours saine — plus ou moins importantes ; c'est cette eau, qu'on est d'ailleurs toujours obligé d'extraire, qui sert pour le traitement. Il existe des mines dont on a reconnu l'inexploitabilité au point de vue de l'or, mais où on continue quand même les travaux souterrains pour recueillir la plus grande quantité d'eau possible et la vendre aux voisines plus favorisées comme teneur, mais moins aquifères.

Ces venues d'eau souterraines ne semblent pas provenir d'une nappe continue : le sous-sol, exclusivement formé de roches éruptives très peu perméables, ne permet guère d'en admettre l'existence. Il est plus probable qu'il s'agit de réservoirs isolés — deux mines voisines ne donnent pas du tout les mêmes quantités d'eau — d'une capacité assez limitée et dont il faut prévoir l'épuisement, car les provisions accumulées par les siècles ne se reconstituent pas, faute de pluies. En fait, on a remarqué en bien des points que les venues d'eau diminuaient ; et la demande augmente.

On économise autant qu'on le peut ; on est arrivé à ne consommer réellement que 450 à 500 litres par tonne de minerai traitée au moulin ; on espère réduire cette dépense de moitié par l'emploi exclusif de la cyanuration ; mais on ne peut pas supprimer entièrement la consommation.

Le Gouvernement et les particuliers ont songé, comme il était naturel, à recueillir les eaux pluviales en construisant des réservoirs ; mais le pays est si plat qu'il se prête mal à leur établissement ; le terrain est, en outre,

tellement perméable qu'en peu de jours le réservoir est vide, si on n'a pas eu la précaution de le cimenter ou de le revêtir de tôle ondulée ; puis, dans ce climat si chaud et si sec, l'évaporation est intense ; ce que le sol n'a pas absorbé, le soleil le pompe vite ; enfin l'eau devient immédiatement saumâtre par son passage sur le sol.

Ceci ne serait qu'un inconvénient en somme assez peu grave ; on est tout à fait habitué, dans les champs d'or, à distiller l'eau avant de s'en servir, même pour les chaudières ; dans la plupart des cas, elle est partout très chargée de matières solides ; elle en tient jusqu'à 8,50 p. 100 dont 7 p. 100 de chlorures, surtout de magnésium ; elle est d'une grande densité, ce qui contribue, pour une bonne part, à l'entraînement considérable d'or fin dans les slimes et à la difficulté qu'on éprouve à obtenir le dépôt de ceux-ci.

Pour remédier à cette pénurie d'eau, le Gouvernement de l'Australie Occidentale a fait sien un projet grandiose : il s'agit de recueillir les eaux des rivières qui coulent dans les monts Darling, situés le long de la côte, non loin de Perth et de les refouler, au moyen de pompes, jusque dans un réservoir établi, à 500 kilomètres de là, sur le sommet du mont Burgess, près de Coolgardie ; la différence de niveau atteint environ 200 mètres. A partir du réservoir, les eaux seraient distribuées par gravitation aux différents districts. Ce projet semble entrer actuellement dans la période d'exécution. Nous ne pouvons nous empêcher d'être fort sceptique sur la réussite finale. Il nous paraît plus probable qu'on renoncera simplement à exploiter les mines des champs d'or qui ne seront pas d'une teneur élevée, ou bien qu'on installera de vastes usines de traitement dans la zone cotière arrosée de la colonie.

3° *Main-d'œuvre.* — La main-d'œuvre est chère dans les champs d'or ; les ouvriers d'ordinaire sont payés de 90 à 100 francs par semaine ; les ouvriers d'état en proportion.

NOTES SUR LES CHAMPS D'OR DE COOLGARDIE

La semaine de travail comprend cinq jours et de 44 heures, le samedi après-midi étant consacré au repos. Il n'y a aucune possibilité d'avoir des travailleurs nègres ou chinois; la législation du pays, identique à celle des autres colonies australiennes, ne permet pas l'importation des Asiatiques ni des gens de couleur. D'ailleurs, la loi spécifie que toute personne travaillant dans les mines d'or à un titre quelconque doit être munie d'un permis de mineur (*miner's right*), et déclare que ce permis ne peut être délivré qu'aux blancs.

4° *Frais généraux.* — Ils pèsent lourdement sur les entreprises dans les champs d'or. La vie y est très chère aujourd'hui, malgré l'existence des voies ferrées, car il faut tout faire venir non seulement de la région mais du dehors; faute d'eau, le sol de la région aride ne produit rien, et dans la région côtière les cultures sont très peu développées. On vit surtout de conserves. Le séjour dans les districts miniers n'a rien d'agréable, la chaleur est excessive pendant neuf mois de l'année, la poussière aveuglante.

Pour toutes ces raisons, assez irréductibles, comme on peut s'en rendre compte, le prix de revient à la tonne du minerai traité est très élevé dans les champs d'or de Coolgardie; il est difficile de l'évaluer à moins de 60 francs, dont 20 à 25 pour l'extraction et 40 pour le traitement. Dans la période de début, on avait le ferme résolution de côté tous les minerais qui ne contenaient pas plus d'une once d'or, c'est-à-dire qui ne valaient au moins 100 francs la tonne. Aujourd'hui on traite les minerais-là; mais on ne pourrait sans doute traiter que les bénéfices ceux qui ne valent que 50 francs; la limite inférieure de teneur exploitable peut être fixée assez exactement, nous semble-t-il, à 20 grammes d'or à la

LÉGISLATION.

Il nous reste à dire quelques mots sur la législation des mines en Australie Occidentale.

Cette législation est, comme dans les pays de langue anglaise en général, très simple : c'est la consécration du droit du premier occupant. Les concessions ou *leases* sont accordées pour une période de vingt et un ans ; elles sont soumises à certaines conditions de longueur et de largeur par rapport au filon et ne peuvent avoir plus de 24 acres, soit 96 hectares de superficie. Chacun peut prendre un nombre indéfini de « leases », pourvu qu'il paie la redevance à l'État, laquelle est très faible d'ailleurs ; mais, afin d'empêcher l'accaparement des terrains par des Compagnies puissantes, la loi impose des conditions très dures et très sévères pour la conservation de ces « leases ». Ces conditions sont les conditions de travail. Il faut au moins un ouvrier par 3 acres : cela représente déjà une dépense obligatoire de 70 à 75 francs par semaine et par hectare ; en outre, chaque « lease » doit être travaillée pour son compte, c'est-à-dire qu'une Société possédant, par exemple, 10 « leases » contiguës ne peut pas, sauf permission spéciale, difficilement accordée, toujours temporaire et révocable, de concentration de travail, employer où elle veut les 80 ouvriers que la loi l'oblige d'avoir : il faut qu'elle en mette huit sur chaque « lease ».

Pour assurer le respect de ces prescriptions, le législateur de l'Australie occidentale ne s'est pas mis en peine de créer un corps d'inspecteurs : il a tout simplement remis la charge de faire respecter la loi au public lui-même, en stipulant la peine de la « forfeiture », c'est-à-dire l'annulation pure et simple d'une « lease » et son

adjudication immédiate au dénonciateur pour toute infraction aux conditions de travail. Si pendant trois jours consécutifs une concession n'a pas été travaillée par le nombre minimum d'ouvriers ou si l'un de ces ouvriers n'est pas pourvu de son *miner's right*, l'annulation de la dite concession peut être prononcée : et en fait, l'annulation était toujours prononcée aux débuts, et la « lease » concédée au dénonciateur, quand l'enquête établissait la réalité de l'infraction.

Ces mesures draconiennes étaient nécessaires pour prévenir les accaparements dans la période de folie connue sous le nom de *boom* ; elles avaient cependant des inconvénients sérieux, dont le moindre n'était pas d'avoir fait naître une industrie spéciale, celle du *jumping-out*. Les *jumpers* étaient des gens qui n'avaient d'autre profession que de surveiller les « leases », surtout celles réputées riches et de dénoncer aussitôt la plus légère infraction à la loi qu'ils pouvaient relever ; ils travaillaient quelquefois pour eux-mêmes, souvent pour d'autres, encore plus souvent sans doute pour faire chanter les propriétaires qui tenaient à leurs concessions.

Aujourd'hui la fièvre est tombée : l'accaparement n'est plus autant à craindre ; la loi est sans doute moins rigoureusement appliquée ; d'ailleurs un projet vient d'être déposé par le Gouvernement, qui atténue la sévérité des dispositions primitives. D'abord le nombre minimum d'ouvriers à entretenir par « lease » est abaissé de moitié ; puis il est prévu des amendes, au lieu de l'annulation de la concession, lorsqu'il y aura inobservation des conditions de travail ; enfin l'exemption totale ou partielle de ces conditions, qui était jusqu'à présent laissée à la discrétion du magistrat chargé de faire appliquer la loi, le Warden du district, lequel se montrait extrêmement difficile, et avec raison, pour l'accorder, est prévue dans un certain nombre de cas : insuffisance de capital après que des

LES CHAMPS D'OR DE COOLGARDIE

les ont été faites pour développer la
s d'eau excessives dans les travaux
ce d'eau ou manque de main-d'œuvre ;
propriétaire ; nécessité de modifier les
eures, etc. ; l'exemption pourra être
mois pour une « lease » de 24 acres
a dépensé déjà 5.000 livres ; pour une
, elle sera étendue progressivement
entière. Enfin la faculté d'interpréta-
ion laissée aux Wardens n'est pas dimi-
naire ; et ces magistrats, revêtus en fait
us étendus, savent, sans aucun doute,
lui la loi avec autant de modération
de sévérité et de raideur, avec juste
mps de fièvre des débuts.

DONNÉES STATISTIQUES.

'année 1896, il avait été fondé 538 Com-
iter des mines d'or en Australie Occi-
mbre, 35 avaient disparu à cette date ;
50 avaient subi une réorganisation. Le
gé dans ces entreprises s'élevait à
rancs en chiffres ronds, dont 1.100 à
lement versés.

mpagnies seulement avaient, à la même
dividendes : sur ce nombre, 13 étaient
e terrains et de lancement tirant leurs
nte des terres et des émissions d'ac-
mpagnies minières avaient distribué
cs de dividendes, sur lesquels :

avait distribué ...	3.300.000 francs
— — ...	8.500.000 —
— — ...	3.200.000 —

(la mine Bailey's Reward est fermée depuis fin 1895); restent donc 5 millions de dividende répartis par les 17 autres Compagnies.

La production totale de l'Australie Occidentale a été :

En 1895, de 7.184^{kg},100 d'or valant 22 millions de francs

1896	8.747	,280	—	27	—	—
1897	20.992	,500	—	60	—	—

Pour les six premiers mois de 1898, on accuse une production de 14.638^{kg},780, valant en gros 44 millions de francs. Il est donc assez probable que la production de l'année approchera de 100 millions de francs, si elle ne dépasse pas ce chiffre. Là-dessus la part des champs d'or de Coolgardie peut être estimée aux quatre cinquièmes au moins; le district de Kalgoorlie fournit à lui seul près de la moitié de la récolte totale; les deux mines de Lake View et de Great Boulder y marchent sur le pied de 311 à 373 kilogrammes chacune par mois.

Paris, novembre 1898.

COMMISSION DU GRISOU

RAPPORT

SUR

DES EXPÉRIENCES RELATIVES

A LA

MISSION DES GRISOUNITES FAVIER

SARRAU, Inspecteur Général des poudres et salpêtres,
Membre de l'Institut.

La Commission du grisou a précédemment donné son avis sur des accidents survenus par suite d'explosion de cartouches de grisounite et un rapport à ce sujet a été inséré aux *Annales des Mines*. La Commission, en avoir délibéré, a reconnu que les circonstances dans lesquelles ces accidents s'étaient produits n'étaient pas assez élucidées pour qu'il fût possible avec précision la cause de ces accidents, ni de prendre des mesures propres à en éviter le retour. Cependant, d'autre part, que les conséquences, peu graves, de ces accidents fort rares eussent été évitées en revenant promptement sur les coups de mine après la détonation et qu'il ne saurait convenir de renoncer à l'usage des grisounites pour des inconvénients encore minimes, la Commission a été d'avis qu'il y avait eu lieu de signaler les faits en question aux Ingénieurs des mines en les engageant à informer avec soin les Ingénieurs des Mines de tous les faits semblables non suivis d'accidents de personne, qui

seraient parvenus dans le passé, ou parviendraient dans l'avenir à leur connaissance, de façon que les services locaux en fassent l'objet de rapports à M. le Ministre des travaux publics » (28 avril 1896).

A la suite d'un nouvel accident, survenu le 9 novembre 1896 aux mines de Plat-de-Gier et paraissant être de même nature que les précédents, la Commission s'est livrée à un nouvel examen de la question; mais elle a été unanime à penser que les circonstances de ce nouvel accident étaient encore trop obscures pour qu'il fût à propos d'en faire l'objet d'une communication aux Ingénieurs des Mines et pour qu'il fût possible d'indiquer avec certitude les précautions à prendre. Elle a été d'avis qu'avant de formuler une proposition ferme à ce sujet il y avait lieu de faire des expériences sur le mode de décomposition des grisounites et d'en attendre les résultats.

Ces expériences ont été faites, avec l'autorisation de M. le Ministre de la Guerre, à la Poudrerie d'Esquerdes, par les soins des Ingénieurs de cet établissement (*). Le but de ces expériences était de rechercher s'il était possible de réaliser expérimentalement, sur les grisounites Favier, le mode de fonctionnement explosif qui, suivant l'hypothèse consignée dans un rapport présenté à la Commission du grisou (**) et inséré aux *Annales des Mines* (***), paraissait susceptible d'expliquer les explosions, dites *retardées*, auxquelles les accidents ont été attribués.

L'explication dont il s'agit consistait à supposer :

1° Que, par suite de défauts de l'amorce ou de l'amorçage, une charge de grisounite pouvait s'enflammer et fuser lentement, dans le trou de mine, suivant un mode de décomposition comparable à celui qui se produit lorsque les dynamites ou le coton-poudre comprimé brûlent

(*) MM Billardon, Directeur; Patart, Ingénieur.

(**), Séance du 26 mars 1896.

(***) Livraison du juillet 1896.

REPORT A LA COMMISSION DU GRISOT

la matière des grisounites dans une capsule sur la flamme d'une forte lampe à alcool. Elle en dégage des vapeurs blanches sans trace nitreuses ; les vapeurs blanches ayant disparu, forme de points noirs, des résidus de naphthanitrée qui se décomposent encore plus longtemps dans la flamme. Si dans cette expérience on enlève la source de chaleur, alors que la matière est en position, la réaction s'arrête presque instan-

talement. Une expérience analogue a été faite, sous bourrage (cylindre au fond fermé d'un tube de cuivre de diamètre et 50 centimètres de longueur) de matière de grisounite-roche et en comprimant le tube avec du sable sec. Ce tube mis sur un feu vif, après quatre à cinq minutes, le long par l'orifice supérieur, des fumées blanches jusqu'à la fin de la réaction. Le résultat est, si l'on augmente la résistance du bourrage par du sable de l'argile plastique fortement

ces expériences montrent, d'une part, la difficulté d'obtenir la décomposition fusante des grisounites ; d'autre part, la nécessité, pour l'entretenir, de la permanence de la cause qui l'a produite.

Ensuite à imiter les conditions mêmes de la réaction dans les trous de mine, les Ingénieurs ont essayé de produire la réaction fusante des grisounites dans l'intérieur d'un tube, sans détonateur, avec la poudre noire comme amorce, dans des conditions telles que l'on doit même admettre que la réaction fusante, si elle s'était produite, devait se manifester par une réaction explosive.

Enfin, dans le tube mentionné plus haut, a été

placée une cartouche de grisounite-roche où le quart de la charge pulvérulente, soit 3 grammes, avait été remplacé par 3 grammes de poudre de chasse extra-fine. Une mèche de mise de feu, ayant une extrémité hors du tube, plongeait dans la poudre; le tout était entouré de sable achevant de remplir le tube et formant bourrage; enfin, le tube était fermé à ses extrémités par des brides, contre-brides et boulons. Le feu ayant été mis au cordeau, aucun bruit ne s'est produit et, deux minutes environ s'étant écoulées, on a déboulonné le tube, et la cartouche a été trouvée inaltérée; l'amorce de poudre noire était entièrement brûlée, mais la surface de l'explosif en contact avec elle était à peine noircie et la décomposition fusante ne s'était pas amorcée. Cet essai, répété deux fois, a donné deux fois le même résultat.

Les Ingénieurs d'Esquerdes ont ensuite recherché si la décomposition fusante, qu'ils n'avaient pas réalisée en employant la poudre noire comme agent d'inflammation, ne pourrait pas être obtenue par l'emploi de détonateurs dans des conditions particulières produisant ce que l'on appelle un *raté de détonation*. Ils ont fait varier, dans ce but, d'une façon méthodique, la puissance du détonateur de manière à déterminer une limite à partir de laquelle se produise régulièrement le raté de détonation de la matière pulvérulente, et ils ont employé à cet effet quatre types de détonateurs (A, B, C, D) dont les trois premiers ont été fournis spécialement par la Société française des Munitions. Ces détonateurs étaient constitués comme il suit:

A) 0^{re}, 25 de fulminate pur, avec opercule, c'est-à-dire le détonateur usuel;

B) 0^{re}, 25 de fulminate pur, sans opercule, compression faible;

C) 0^{re}, 25 d'un mélange de fulminate et de chlorate de potasse, sans opercule;

D) 0^{sr}, 40 d'une composition détonante spéciale, avec petit opercule.

Une série d'expériences préalables, dont les résultats furent très réguliers, avait conduit d'abord aux conclusions suivantes : la cartouche étant simplement posée dans un trou, de sa hauteur et de son diamètre, fait dans l'argile grasse du sol naturel, le détonateur A produit à tout coup la détonation de la matière pulvérulente de grisounite-couche ou de grisounite-roche ;

le détonateur B produit, une fois sur deux, la détonation de la matière de grisounite-roche et n'entraîne pas celle de la grisounite-couche ;

les détonateurs C et D produisent régulièrement le raté de détonation avec les deux espèces de grisounite.

A la suite de ces constatations, l'expérience suivante a été faite : une cartouche de grisounite-roche a été placée dans le tube mentionné plus haut, avec cordeau de mise de feu armé d'un détonateur D plongeant dans la matière pulvérulente ; le bourrage intérieur ayant été fait au sable, comme il a été dit précédemment, et la fermeture du tube ayant été opérée avec les brides et boulons, on a déterminé l'explosion du détonateur. L'appareil étant ensuite ouvert, on a constaté que la partie de la cartouche correspondant au logement du détonateur était brisée, mais qu'aucune trace d'inflammation n'existait sur le reste de la cartouche, notamment sur la matière pulvérulente.

Le résultat a été le même dans d'autres expériences où la matière pulvérulente était partiellement remplacée par de la poudre noire, dans laquelle plongeait le détonateur ; la poudre seule était enflammée.

L'objet de toutes ces expériences était, comme on l'a déjà dit, de rechercher s'il était possible de provoquer, par les moyens habituels, l'inflammation des matières pulvérulentes, et d'amorcer ainsi leur décomposition fusante

persistante. Une autre question a été examinée; en supposant que la matière pulvérulente détone, mais que cette détonation ne se propage pas dans la matière comprimée, celle-ci ne peut-elle pas s'enflammer de manière à présenter ensuite la décomposition fusante?

La sensibilité à la détonation d'une grisounite comprimée variant continuellement avec le degré de compression, les expérimentateurs d'Esquerdes ont cherché à avoir des matières parfaitement rebelles à la détonation, et c'est dans ce but qu'ils ont demandé à la Société française des Poudres de sûreté les cartouches spéciales qui ont été précédemment signalées et dans lesquelles la densité de la partie comprimée, qui est normalement 1,15, a été portée à 1,60. Les matières ainsi comprimées se sont en effet montrées inaptes à détoner, mais leur mise en expériences a présenté des difficultés particulières. L'intensité de la détonation de la matière pulvérulente est telle en effet qu'il est difficile de réaliser l'explosion dans une enceinte fermée où l'on puisse recueillir, pour les examiner, les fragments de matière qui n'ont pas détoné. On y est arrivé de la façon suivante.

Sur une plaque en acier chromé de 3 centimètres d'épaisseur, on a placé l'un sur l'autre deux blocs cylindriques de plomb de 10 centimètres d'épaisseur et de 25 centimètres de diamètre, percés concentriquement d'un trou cylindrique de 35 millimètres de diamètre. La cartouche étant placée au fond, on a fait détoner la matière pulvérulente au moyen d'un détonateur convenable, et on a recueilli dans le fond les fragments de l'explosif qui ont échappé à la détonation et n'ont pas été projetés à l'extérieur. On a toujours constaté que ces fragments étaient absolument inaltérés et qu'aucune trace de combustion ne pouvait être observée à leur surface.

On arrive aux mêmes conclusions, si l'on produit l'explosion dans un trou de mine ordinaire; mais les frag-

ments sont alors plus difficiles à recueillir, et comme, d'autre part, ils sont souillés par la terre, leur examen est moins facile.

Il résulte de ce qui précède qu'avec les moyens variés qui ont été employés, les ingénieurs d'Esquerdes ne sont jamais arrivés à produire dans l'explosif, à l'air libre ou sous bourrage, une décomposition fusante se continuant d'elle-même en l'absence de tout agent étranger. On n'a pu la réaliser que sous l'influence persistante de la chaleur, et elle cesse quand cette influence est supprimée. Cette circonstance restreignait beaucoup le champ des expériences destinées à produire la transformation, en réaction explosive, de cette décomposition si difficile à obtenir. Les ingénieurs d'Esquerdes se sont bornés à faire l'expérience suivante, qui n'a que la valeur d'une simple indication. Une cartouche de grisounite-roche, ayant été enflammée dans un feu vif, a été rapidement saisie et enfouie, tout enflammée, dans un tas de sable. Aucune projection ne s'est produite, aucune fumée n'a été aperçue, et la cartouche a été retrouvée, encore très chaude, mais éteinte.

Tout en reconnaissant, dans le rapport qui résume ces expériences, que la seule explication des prétendus retards de détonation des grisounites paraît être celle qui repose sur l'hypothèse d'une décomposition fusante préalable, M. l'ingénieur Patart estime que, précisément, les explosifs dont il s'agit se sont montrés, dans ses expériences, particulièrement rebelles à ce mode spécial de décomposition, « même quand on fait usage de moyens notablement plus énergiques et plus efficaces que ceux auxquels on peut assimiler les procédés d'amorçage industriellement employés ».

« Dès lors, ajoute-t-il, il n'apparaît pas que les accidents constatés puissent être attribués à des propriétés

particulières des explosifs employés, mais à des circonstances autres, dont les opérateurs se sont peut-être incomplètement rendu compte, susceptibles de se produire avec tout autre explosif plus naturellement encore qu'avec ceux dont il s'agit. »

Dans une Note *sur les Explosions tardives*, récemment insérée dans *le Génie civil*, M. Schmerber, Ingénieur des Arts et Manufactures, a fait connaître les résultats d'expériences qui donnent sur la question d'intéressantes indications. Il a cherché, dit-il, par des ratés de détonation, « à provoquer la décomposition fusante, afin de voir si elle se transforme, à un moment donné, en réaction explosive ».

« On pouvait, ajoute-t-il, obtenir ce résultat avec les grisounites usuelles, soit en faisant usage d'amorces plus faibles, soit en augmentant la compression des cartouches. L'auteur a renoncé à ces deux moyens, parce que, d'une part, il lui « a été impossible de se procurer, dans le commerce, des amorces correspondant au point limite auquel la décomposition instantanée pouvait être remplacée par la décomposition lente », et que, d'autre part, l'on n'obtenait, par la compression, que « des résultats trop incertains, dus à des différences très faibles dans le degré de compression de la poudre, ces variations, presque impossibles à éviter, suffisant souvent pour passer de détonations très violentes aux ratés complets. »

L'auteur a donc employé un troisième moyen consistant à augmenter la proportion de nitrate d'ammoniaque, de manière à constituer des mélanges moins sensibles et susceptibles d'être seulement enflammés, sans détoner, par les amorces usuelles. Il a formé ainsi une série de 15 poudres ayant une proportion de trinitronaphtaline variant de 4,50 à 1,00 p. 100 et, en employant les amorces du commerce dont les charges en fulminate sont crois-

RAPPORT A LA COMMISSION DU GRISOU

à partir de 0^m,25, il a fait une série d'essais préliminaires, afin de fixer, pour chaque poudre, la charge limite minimale au-dessous de laquelle la détonation cesse de produire.

Dans cette recherche, qui s'est faite par tâtonnements, on s'est servi d'un tube en fer, de 30 millimètres de diamètre et 0^m,50 de longueur, figurant un trou de mine. On introduisait la charge au fond du tube, on bourrait hermétiquement, et l'on faisait détoner l'amorce de fulminant soit à la mèche, soit à l'électricité. Plus de 130 essais ont été effectués, et « aucun de ces essais n'a donné lieu à une explosion tardive, bien que tous ceux qui ont donné des explosions ou des détonations incomplètes se soient trouvés dans les conditions voulues pour produire la décomposition ».

Les essais définitifs ont été faits, avec bourrage nul ou non, soit avec des cartouches à l'air libre, soit avec des tubes recouverts d'une couche de sable, soit dans des tubes en fer sans aucun bourrage. D'autres essais ont été faits sous bourrage énergique, dans des tubes fermés par un dispositif similaire de celui qui a été réalisé dans les expériences d'Esquerdes. Dans tous ces essais, nombreux, on a employé comme excitateurs soit les charges fulminantes limites, soit de petites charges de poudre noire ou de coton-poudre. Dans quelques-unes de ces expériences, le tube était préalablement chauffé par un bain de l'alcool contenu dans un petit réservoir circulaire extérieur; enfin, pour se rapprocher des conditions d'une mine, l'auteur a imaginé d'entourer complètement la charge, dans l'intérieur du tube, d'une garniture de poudre comprimée, en bourrant en outre avec du charbon pulvérisé. Il a obtenu, dans ces conditions variées, des explosions ou des détonations complètes ou partielles, mais jamais d'explosion tardive.

L'auteur signale seulement que, dans quelques cas, il

semble qu'il y ait eu un commencement de décomposition fusante ; mais celle-ci, ajoute-t-il, « ne s'est jamais transformée en décomposition explosive, bien que les conditions dans lesquelles le commencement de combustion de ces cartouches s'est produit aient été des plus favorables à la transformation de la décomposition lente en phénomène explosif ».

En résumé, il résulte de cet exposé que de nombreuses expériences ont été faites, dans les conditions les plus variées, sans que jamais aucun phénomène se soit produit en imitation d'*explosions tardives* et sans qu'aucune confirmation ait été apportée à l'hypothèse proposée pour en fournir l'explication. Il semble que l'on puisse en conclure, avec une probabilité voisine de la certitude, que le fonctionnement explosif des grisounites ne présente aucune circonstance appréciable qui conduise à en interdire ou restreindre l'emploi.

Il conviendrait toutefois de rappeler aux exploitants que les ouvriers chargés de mettre en œuvre les grisounites doivent, dès qu'ils ont quelque indice d'une explosion incomplète, laisser s'écouler quelques minutes avant de visiter le trou et rester abrités pendant ce temps.

18 janvier 1899.

E. SARRAU.

Adopté par la Commission du grisou dans sa séance du 18 janvier 1899.

Le Secrétaire,
L. CHESNEAU.

Le Président,
HATON DE LA GOUPIILLIÈRE.

BULLETIN.

STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE DE L'ITALIE EN 1897.

NATURE DES PRODUITS	QUANTITÉS	VALEUR	PRIX MOYEN	NOMBRE d'ouvriers	
1 ^{re} Production des mines.					
	tonnes	francs	fr. c.		
Minéral de fer.....	200.709	2.880.511	14,26	1.313	
— de manganèse.....	1.634	75.040	45,92	70	
— ferro-manganésifère.....	21.262	170.096	8,00	181	
— de cuivre.....	93.377	2.156.146	23,09	1.486	
— de zinc.....	122.214	8.280.327	67,75	11.394	
— de plomb.....	36.200	5.042.625	139,30	140	
— de plomb, zinc et cuivre.....	660	23.200	35,15	660	
— d'argent.....	405	428.260	1.057,43	695	
— d'or.....	10.723	890.048	83,00	695	
— d'antimoine.....	2.150	174.320	80,61	174	
— de mercure.....	20.659	788.910	38,19	427	
— d'arsenic.....	34	3.400	100,00	6	
Pyrites de fer et de cuivre.....	58.320	780.138	13,38	790	
Combustibles minéraux.....	314.222	2.335.557	7,43	2.211	
Minéral de soufre.....	3.314.051	37.310.255	11,22	30.217	
Sel gemme.....	19.801	272.018	13,74	337	
Sel de soures.....	11.725	315.500	26,91		
Pétrole brut.....	1.932	492.282	255,33	414	
Gaz hydrocarbure.....	298.069 ^{m3}	17.861	0,06		
Eaux minérales.....	28.680 ^{m3}	351.336	12,25		
Asphalte et bitume.....	55.339	948.273	17,13	805	
Alunite.....	6.500	32.500	5,00	86	
Acide borique.....	2.704	865.280	320,00	345	
Graphite.....	5.650	56.500	10,00	81	
Totaux.....	*	64.670.383	*	51.732	
2 ^{re} Production des usines métallurgiques.					
	tonnes	francs	fr. c.		
Fente.....	8.393	908.814	108,28	565	
Fente de 2 ^e fusion.....	9.256	1.932.451	208,78		
Fer.....	149.944	35.884.756	239,32		
Acier.....	63.940	20.784.249	325,06	12.684	
Tôles laminées.....	6.500	2.730.000	420,00		
Cuivre.....	2.980	3.749.768	1.258,31	2.158 ^(*)	
Plomb.....	22.407	7.314.547	326,44		
Argent.....	45.313 ^{kg}	4.588.352	101,21	996	
Or.....	316 ^{kg}	1.094.310	3.463,00		
Antimoine.....	404 ^{kg}	285.380	706,39	38	
Mercuré.....	192	960.000	5.000,00	105	
Agglomérés de charbon minéral.....	549.050	13.841.750	25,21	502	
Agglomérés de charbon végétal.....	17.950	1.207.500	67,27	219	
Soufre brut.....	496.658	44.878.237	90,56	6.219	
Soufre raffiné.....	85.872	9.373.211	109,15	435	
Soufre en poudre.....	79.178	7.707.548	97,34	1.222	
Sel marin.....	429.253	4.428.187	10,32	3.148	
Asphalte et bitume.....	18.644	445.628	23,90	168	
Pétrole, benzine, etc.....	3.392	1.397.667	412,05	90	
Gaz.....	178.157.912 ^{m3}	35.031.259	0,195		
Gaz d'éclairage	Pro- coke.....	430.617 ^{m3}	13.346.426	30,99	
	duits goudron.....	25.660	841.009	32,77	4.187
	secon- eaux ammoniacales.....	37.371	353.518	9,45	
	dares sulfate d'ammoniaque.....	382	112.810	295,31	
Totaux.....	*	213.297.355	*	32.726	

(*) Y compris les ouvriers occupés au laminage ou à la façon de 8.545 tonnes de cuivre, laiton ou autres allages, d'une valeur de 15.207.730 francs.

(Extrait de la Rivista del servizio minerario nel 1897.)

BULLETIN

L'INDUSTRIE MINIÈRE DE LA PROVINCE (RÉPUBLIQUE ARGENTINE)

La ville de Mendoza, capitale de la province, se trouve au pied des Andes, sur la ligne de chemin de fer de Buenos-Ayres à Valparaiso, et doit sa situation privilégiée. La province de Mendoza possède de riches gisements métallifères, généralement inexploités à cause de leur situation à une altitude élevée et de la difficulté de communication : on cite notamment les gisements de pyrites aurifères de la Cortaderita, les mines de Paramillo de Uspallata, les galènes argentifères, les chalcopyrites et cuivres gris argentifères de la Sierra de Uspallata. En outre, des couches de lignite et de houille existent. M. Walker en donne une description détaillée. Nous extrayons seulement de brèves indications d'un intérêt plus général.

Gîte de la Cortaderita. — Ce gîte est situé dans la Sierra de Uspallata, qui continue celle de la Sierra de Uspallata, à une altitude de 2.862 mètres et à environ 55 kilomètres de la ville de Mendoza. La région est constituée d'andésites pyroxéniques, avec dolérites et des terrains rapportés au rhétien. Ces roches renferment une série de filons E.-O., sur lesquels ont été exploitées des mines insignifiantes. Les minerais jusqu'ici, comprennent cérusite, chlorobromure, chloroantimoniure, galène, gypse, sidérosite, et les produits d'altération probable d'un minerai de galène argentifère et pyrite; la galène en argent; parfois l'or natif apparaît comme impureté. Les filons semblent être souvent de simple l'andésite.

Gîte du Paramillo de Uspallata. — Ce gîte est situé à 40 kilomètres au sud du précédent, au sud de la ville de Mendoza à 40 kilomètres de Uspallata et à 2.862 mètres d'altitude.

(*) Ces renseignements sont extraits d'un rapport de M. WALKER, pour une exposition de 1898. Voir, WALKER, *El paramillo de Uspallata*.

BULLETIN

t formée de grès et argiles schisteuses, plus ou moins usées, du rhétien, avec interstratifications de mélaphyres. Elles recoupent ces deux terrains et comprennent : galène, pyrite et chalcoppyrite, tétraédrite antimonieuse, bromures d'argent, avec gangue de fer spathique, plus ou moins enrichie en hématite et de quartz; l'épaisseur moyenne varie de 50 centimètres à 1 mètre. Des travaux ont été faits sur ces filons, aux environs de cent cinquante ans, par les Espagnols; au dernier moment, de grandes excavations y ont été pratiquées par les Araucans; les minerais étaient transportés au Chili à dos d'âne, mais on s'est arrêté alors, faute de moyens d'épuisement, au niveau hydrostatique. En 1885, une société a repris les travaux, installé des fours de fusion, de concentration, etc.; les opérations ont été interrompues au début de 1898.

Un type de minerais, M. Walker décrit le filon Rosario bernador, formé de galène à grain fin, presque sans blende, avec des noyaux de tétraédrite antimonieuse, pyrite et de pyrite et une gangue de sidérose. La galène contient 3^{es},200 d'argent et 300 à 320 kilogrammes de plomb par tonne; au filon San-Francisco (Socabon del Norte) on a constaté un phénomène curieux : après être déjà passé par la zone des métaux sulfurés, à 75 mètres de l'affleurement, on a retrouvé de nouveau une zone altérée, comme les schistes superficiels, avec bromures et iodures d'argent dans de

La Pintada (département du 25-Mai). — Ce gîte, également connu sous le nom de « Piedras de Afilar », est à 36 kilomètres à l'ouest de la ville de San Rafael (près de laquelle se trouvent des houilles carbonifères) et à 1.088 mètres d'altitude. L'exploitation malheureuse, pendant laquelle on a construit une usine somptueuse, a eu lieu de 1877 à 1880. Des galènes argentifères, pyrites de fer et pyrites de cuivre, avec argent sulfuré, recoupent des trachytes et des gneiss, schistes, calcaires dolomitiques, etc.

Nord et du Sud (département de las Heras). — A 80 kilomètres au nord de Mendoza, entre Mendoza et Uspallata, et 2.920 mètres d'altitude, on a essayé sans succès, en 1888, de traiter des quartz. C'est le gisement connu sous le nom de Oro del Norte, dans le voisinage de Paramillo.

Le Sud a été exploité depuis un temps immémorial, avant

même la conquête espagnole; mais ces travaux, abandonnés, n'ont pas été repris de nos jours. Les filons, encaissés dans l'andésite, renferment du quartz avec pyrite et chalcopyrîte aurifère, plus ou moins décomposées.

Gîte de cuivre de « las Choicas ». — Ce gisement, situé dans le département du 25-Mai, à 3.270 mètres d'altitude, près la ville de San Carlos (110 kilomètres sud de Mendoza), a été découvert en 1875; il présente une certaine importance géologique, mais avec des difficultés considérables pour le transport du minerai, qui se fait actuellement vers le Chili. Les minerais, encaissés dans du tertiaire, comprennent des chalcopyrîtes et des panabases argentifères et aurifères, dans une gangue de quartz ferrugineux.

Combustibles fossiles. — Des couches de lignite plus ou moins terreux ont été reconnues au voisinage immédiat de Mendoza, à l'ouest de cette ville, et 60 ou 80 kilomètres plus à l'ouest, entre San Ignacio et Salto. Les lignites de Mendoza, qui ont été le mieux explorés, sont dans le trias supérieur.

Des houilles carbonifères ont été reconnues également plus à l'Ouest entre 2.500 et 3.000 mètres dans les Andes, près de San Rafael, et l'on a remarqué la teneur notable en vanadium de leurs cendres.

L. D. L.

LÉGISLATION ÉTRANGÈRE.

RHODESIA.

Ordonnance de 1895 sur l'exploitation des mines dans le district de la British South Africa Company.

L'exploitation des mines est régie dans le territoire de la *British South Africa Company*, ou plus communément de la *Chartered*, par une ordonnance de 1895, promulguée par la Direction de la Compagnie, en vertu des pouvoirs souverains qu'elle tire de sa charte d'institution.

Cette ordonnance s'applique (art. 3) à l'or, à l'argent, au platine, mercure, charbon (*coal*) et généralement aux minerais

(ores) et substances minérales (*minerals*), étant entendu (art. 4, a) que sous le terme de minerai (*ore*) on entend toute substance, métallique ou autre, d'une valeur économique qui en permette l'exploitation, à l'exception toutefois (art. 3) de l'huile minérale, des pierres précieuses et des substances fossiles autres que le charbon (*coal*).

Pour être exclues de l'ordonnance, ces dernières substances n'en sont pas pour cela laissées aux propriétaires de la surface; leur propriété en appartient directement à la Compagnie, comme le porte explicitement le préambule de l'ordonnance, quels que soient les droits que des tiers peuvent avoir acquis sur la surface.

Les mines — en entendant sous ce mot le champ dans lequel un particulier peut acquérir et posséder un droit exclusif d'exploitation sur les substances soumises à l'ordonnance — sont, à raison de la nature minéralogique du gîte à exploiter, partagées en trois catégories au point de vue de l'étendue et de la forme du périmètre, aussi bien que des droits et obligations des détenteurs.

On doit, en effet, distinguer :

Les mines de charbon (*coal locations*), qui peuvent avoir une forme quelconque sans que la surface puisse dépasser 160 acres (64 hectares) (art. 4, g, 4) (*), où le détenteur a le droit d'exploiter indéfiniment en profondeur verticale dans les limites du périmètre par lui choisi (art. 51);

Les mines d'alluvion (*alluvial claims*) pour les gîtes alluvionnaires de métaux précieux, or, argent, platine, constituées normalement par un carré de 200 pieds (60 mètres) (art. 4, g, 3) formant l'*alluvial claim*, avec possibilité d'associer à la priorité d'occupation, comme il sera dit plus tard, deux de ces *claims* en cas de découverte d'un gîte à plus de dix milles (16 kilomètres) de tout autre *alluvial claim* déjà constitué (art. 33)(**); la possession d'une mine d'alluvion donnant le droit d'exploiter indéfiniment en profondeur verticale dans les limites du périmètre;

(*) Sous réserve du droit de celui qui a découvert un gîte de houille à plus de dix milles (16 kilomètres) de toute autre mine de même nature de prendre une surface double (128 hectares) (art. 48).

(**) Le règlement prévoit, en outre, en faveur de l'inventeur (art. 34) une indemnité de 3.000 £ (7.500 francs) pour la découverte d'une alluvion payante trouvée à plus de dix milles (16 kilomètres) de tout autre *claim* d'alluvion antérieurement établi;

Et de 5.000 £ (12.500 francs), si le nouveau gîte peut occuper 200 hommes pendant une année.

Les mines de toutes autres natures que les deux premières constituées par les *reef claims*, dont l'élément (art. 4, 1) est parallélogramme de 150 pieds (45 mètres) suivant la direction gîte et de 600 pieds (180 mètres) comptés transversalement suivant l'inclinaison (*), avec possibilité (art. 4, 2) par une seule et même occupation, en terrains libres de tous autres droits, de constituer une mine par un *block* de dix de ces claims continus, c'est-à-dire par un parallélogramme de 1.500 pieds (450 mètres) suivant la direction et de 600 pieds (180 mètres) suivant le pendage de la concession d'une pareille mine conférant le droit, d'après le système renouvelé de la loi fédérale américaine sur les mines des *public lands*, d'exploiter non seulement indéfiniment en profondeur dans la verticalité du périmètre superficiel, mais encore de suivre indéfiniment, suivant leur pendage, entre limites latérales du périmètre, tout gîte qui affleure dans le périmètre superficiel (art. 20).

Outre les *claims* ou *locations* dont on peut s'assurer la position pour exploitation directe et immédiate par la procédure à être spécifiée, l'ordonnance prévoit des *tunnels locations* constituées par des carrés de 1.500 pieds de côté (450 mètres) dans lesquels, à la priorité de la demande, on s'assure le droit sous la condition de la continuité du travail (**), de pousser une galerie de recherche (*tunnel*) (***).

L'acquisition du droit d'exploiter les mines par les voies du droit civil est complètement libre (art. 77) (****), sauf paiement des droits de transfert (*****). Mais les mines n'ont pu et ne peuvent

(*) En réalité, l'intéressé fixe à sa volonté la position de la ligne représentant la trace de la direction moyenne de l'affleurement de l'axe du parallélogramme, ainsi que l'orientation des lignes terminales réputées dirigées suivant l'inclinaison.

(**) On doit avoir fait 75 pieds (22^m,50) dans les 120 premiers jours et 200 pieds (60 mètres) par année ultérieure.

(***) On ne voit rien, dans le texte, qui empêche le « tunnel » d'être une galerie à mi-pente ou un puits incliné; mais, d'autre part, le texte paraît ne pas admettre qu'il puisse être un puits vertical.

(****) Sans parler des oppositions du droit civil pouvant résulter de l'existence d'hypothèques ou d'autres droits réels, l'article 77 ne prévoit que deux réserves à la libre transmission: 1° un claim ou une location n'est cessible qu'après l'obtention du premier certificat de travail maximum obligatoire; 2° on ne pourrait valablement céder un second claim d'alluvion que soixante jours après la cession d'un premier.

(*****). Outre des droits de timbre toujours fort élevés (6 fr. 25 c. à l'occurrence), l'article 77 prévoit un droit de transfert de 1 p. 100 de la valeur stipulée dans l'acte de transmission.

être originellement constituées que par la procédure suivante :

Tout individu majeur, résidant dans la colonie, doit se munir auprès de l'Administration d'un permis (*prospecting license*) qui lui confère le droit de faire des fouilles tant dans les terrains publics que dans ceux des particuliers qui ne sont pas en culture ou qui ne bénéficient pas d'une protection spéciale.

Si l'explorateur découvre un gîte par un travail autre qu'un simple sondage (art. 15 pour les *reef claims*, art. 45 pour les *cool locations*), il doit en faire la déclaration et l'indiquer matériellement à la surface par la plantation d'un signal, ce qui lui assure le droit exclusif de poursuivre des recherches durant un délai de trente jours dans un cercle de 1.000 pieds (300 mètres) de rayon (28 hectares) pour les *reefs* (art. 14) et de 2.000 pieds (600 mètres) de rayon (113 hectares) pour la houille (art. 46).

Pendant cette période, l'intéressé doit procéder à la délimitation matérielle de son *claim* ou de sa *location* et à son enregistrement par l'administration.

Ceci fait, il a le droit d'exploiter librement, à charge de satisfaire au travail minimum obligatoire et de s'être entendu avec la Compagnie à charte sur le partage des bénéfices à provenir de l'exploitation.

Comme travail minimum, obligatoire à peine de déchéance pure et simple, l'ordonnance exige pour les *reef claims* l'exécution de 30 pieds (9 mètres) de puits ou galerie dans les 120 jours de l'enregistrement et de 60 pieds (18 mètres) dans chacune des années suivantes (art. 23). Le détenteur de plusieurs *claims* peut demander à poursuivre sur un seul d'entre eux le total du travail auquel il est tenu pour tous. Des dispenses peuvent être accordées, lorsque les circonstances le justifient, pour six mois au plus, sauf prorogation expresse de l'administration (art. 66).

Aucun travail minimum obligatoire n'est exigé pour la houille.

Pour les *alluvial claims*, le droit d'exploitation découle de la simple priorité de l'occupation dûment signalée matériellement à la surface et déclarée à l'administration. La loi ne stipule pas de travail minimum à exécuter; elle exige le paiement d'une taxe de 1 £ (25 francs par mois) (*).

Pour tout *claim* ou *location* en dehors des *claims* d'alluvion, l'article 52 stipule qu'en principe la Compagnie à charte a droit à la moitié des bénéfices nets, sauf entente sur toute autre base à établir avec l'exploitant préalablement à toute distribution de

(*) Soit 833 francs par hectare et par an.

BULLETIN

dividende (art. 53 et 54) et moyennant alors le paiement d'une taxe mensuelle de 10 shilling, *claim* (art. 55) (*).

Un permis de recherches ne donne le droit bloc de *claim* ou une *location* (ou deux en cas de houille par permis; mais tout individu peut sol pour un permis pour une nouvelle acquisition à faire de abandonné ou enregistré son premier *claim* et *location* (art. 9 et 11).

Toute personne majeure peut obtenir un permis peut faire intervenir en son lieu et place, en cas de personne résidant sur le territoire de la Colonie moins d'une autorisation formelle (art. 6 et 8).

Les exploitants peuvent acquérir, à la priorité dans les endroits où cela ne peut nuire à l'exploitation les emplacements d'une étendue variant, suivant les cas, à dix acres, nécessaires à leur habitation et à l'établissement de moulins et d'usines, dépôt de charbon d'une taxe mensuelle de 5 shillings par acre (**).

Toute mine (*claim* ou *location*) et tout emplacement ceux dont on vient de parler peut, moyennant le paiement de droits à ce afférents, faire l'objet, si aucun droit n'y oppose, d'un enregistrement spécial (art. 70), qui est officiellement reconnu et constaté après enquête. Cet enregistrement constitue un titre en faveur du détenteur (art. 71), mais sans le soustraire à la déchéance et de déchéance pure et simple, notamment pour les *reef-claims* pour défaut d'entretien minimum obligatoire (*id.*).

Les terrains tombés en déchéance ne peuvent être repris que lorsque avis en a été donné par le propriétaire (art. 86).

En cas de déchéance, le propriétaire peut retirer ses constructions et machines, et disposer de tout mine.

En somme, hors la clause du partage des bénéfices, le régime ne diffère pas sensiblement, dans ses principes, de celui des colonies anglaises. Le *Chartered* n'a pas cru trouver de meilleur

(*) Soit 185 francs par hectare et par an.

(**) Soit 187 fr. 50 par hectare et par an.

enc
div
e l'
sur
l'ac
vair
imp
l'a
.les

cul
rtag
pra
mé

STATISTIQUE

de l'Industrie minérale de la France. 253

TABLEAUX COMPARATIFS DE LA PRODUCTION DES COMBUSTIBLES MINÉRAUX
DES FONTES, FERS ET ACIERS, EN 1897 ET EN 1898 (*).

I. — Combustibles minéraux.

PRODUCTION PAR DÉPARTEMENT.

DÉPARTEMENTS	NATURE DU COMBUSTIBLE	PRODUITS	
		1897	1898
		tonnes	tonnes
Allier.....	Houille.....	937.199	958.795
Alpes (Basses-).....	Lignite.....	24.803	33.269
Alpes (Hautes-).....	Anthracite.....	10.700	11.250
Ardèche.....	Houille et anthracite.....	50.361	54.991
Aveyron.....	Houille.....	1.018.475	1.083.334
	Lignite.....	3.507	4.619
Bouches-du-Rhône.....	Idem.....	390.473	450.316
	Houille.....	99.295	84.185
Cantal.....	Lignite.....	42	20
Corrèze.....	Houille.....	1.480	320
Corse.....	Idem.....	"	20
Côte-d'Or.....	Houille et anthracite.....	10.400	7.208
Creuse.....	Houille.....	195.676	196.598
Dordogne.....	Lignite.....	2.819	3.882
Drôme.....	Idem.....	340	183
	Houille.....	1.843.991	1.925.829
Gard.....	Lignite.....	19.856	19.346
	Houille et anthracite.....	203.730	201.145
Hérault.....	Lignite.....	200	210
	Anthracite.....	210.287	240.585
Isère.....	Lignite.....	128	157
Loire.....	Houille et anthracite.....	3.707.477	3.755.389
Loire (Haute-).....	Houille.....	224.454	232.986
Loire-Inférieure.....	Anthracite.....	19.040	20.015
Lot.....	Houille.....	7.016	2.284
Maine-et-Loire.....	Anthracite.....	14.608	13.912
Mayenne.....	Idem.....	34.798	40.920
Nièvre.....	Houille.....	196.301	192.153
Nord.....	Houille et anthracite.....	5.523.812	5.784.976
Pas-de-Calais.....	Houille.....	12.807.438	13.614.006
Puy-de-Dôme.....	Houille et anthracite.....	356.423	385.438
Pyrénées-Orientales.....	Lignite.....	1.672	1.757
Rhône.....	Houille.....	31.631	33.290
	Idem.....	218.732	216.941
Saône (Haute-).....	Lignite.....	10.770	8.895
Saône-et-Loire.....	Houille et anthracite.....	1.951.213	2.095.478
Sarthe.....	Anthracite.....	2.258	"
	Idem.....	10.417	9.825
Savoie.....	Lignite.....	1.100	5.800
	Anthracite.....	179	215
Savoie (Haute-).....	Houille.....	16.174	18.417
Sèvres (Deux-).....	Idem.....	609.443	700.640
Tarn.....	Lignite.....	636	"
Var.....	Idem.....	3.215	2.784
Vaucluse.....	Houille.....	24.199	26.496
Vendée.....	Lignite.....	790	786
Vosges.....	Idem.....	71	71
Yonne.....			
Récapitulation.....	Houille et anthracite ...	30.337.207	31.907.641
	Lignite.....	460.422	532.095
Totaux.....		30.797.629	32.439.736
Augmentation.....			1.642.107

(*) Ces tableaux ont été publiés, par ordre de M. le Ministre des Travaux publics, au *Journal officiel* du 17 mars 1899. Les chiffres concernant l'année 1898 sont extraits des états semestriels fournis par les ingénieurs des mines et, par suite, *provisaires*; tandis que la statistique de 1897, résultant du dépouillement des états annuels, contient des chiffres *définitifs*.

PRODUCTION PAR BASSIN.

GROUPES GÉOGRAPHIQUES DE BASSINS	PRODUITS		BASSINS ÉLÉMENTAIRES (*)	DÉPARTEMENTS OU LES BASSINS SONT SITUÉS	PRODUITS	
	1897	1898			1897	1898
	tonnes	tonnes			tonnes	tonnes
Nord et Pas-de-Calais....	18.331.250	19.398.982	Valenciennes..... Le Boulonnais (Hardinghen)..... Saint-Etienne (et Rive-de-Gier)..... Sainte-Foy-l'Argentière..... Communay..... Le Roannais (Roanne)..... Creusot et Blanzy..... Decize..... Epinac et Aubigny-la-Ronce..... La Chapelle-sous-Dun..... Bert..... Sancy, Forges..... Alais..... Aubenas..... Le Vigan..... Aubin..... Carmaux..... Rodez..... Saint-Perdoux..... Commentry (et Doyet)..... Saint-Eloy..... L'Aumance (Buxière-la-Grue)..... La Queune (Fins et Noyant)..... Brassac..... Champagnac et Bourg-Lastic..... Langrac..... Le Drac (La Mure)..... Maurienne-Tarentaise et Briançon..... Oisans et le Grésivaudan..... Chablais et Faucigny..... Basses-Alpes.....	Pas-de-Calais, Nord..... Pas-de-Calais..... Loire, Rhône..... Rhône..... Isère..... Loire, Rhône..... Saône-et-Loire..... Nièvre..... Saône-et-Loire, Côte-d'Or..... Saône-et-Loire..... Allier..... Côte-d'Or, Saône-et-Loire..... Gard, Ardèche..... Ardèche..... Gard..... Aveyron..... Tarn..... Aveyron..... Lot..... Allier..... Puy-de-Dôme..... Allier..... Allier..... Haute-Loire, Puy-de-Dôme..... Cantal, Puy-de-Dôme..... Haute-Loire..... Isère..... Hautes-Alpes, Savoie..... Haute-Savoie..... Haute-Savoie.....	18.330.079 1.171 3.707.477 31.631 11.056 " 481 1.781.527 196.301 111.431 62.160 44.576 6.495 1.855.078 30.474 8.801 1.006.031 609.443 12.444 7.016 834.235 235.799 58.388 " 276.690 136.557 31.126 190.167 21.117 179	19.398.230 752 3.754.908 33.290 16.329 1.914.432 192.153 111.254 73.552 40.553 3.448 1.938.106 32.328 40.386 1.068.532 700.640 11.802 2.284 847.673 257.987 70.869 " 289.856 122.264 32.302 224.011 21.075 245
Loire.....	3.750.164	3.805.008				
Bourgogne et Nivernais..	2.202.400	2.335.392				
Gard.....	1.894.352	1.980.820				
Tarn et Aveyron.....	1.634.934	1.786.258				
Bourbonnais.....	1.128.422	1.176.229				
Auvergne.....	444.373	444.622				
Alpes occidentales.....	220.527	245.540				
Vosges méridionales.....	218.713	218.941				

I. — Houille et Anthracite.

[illegible]

II. — Lignite.

Provence	415.012	483.385	Fuveau (Aix)	Bouches-du-Rhône, Var	391.109	450.316
			Marseille	Basses-Alpes, l'Auchaise	24.803	33.269
			La Cadière	Var	"	"
			Bagnols, Orange, Danc-Rouge, Va-			
			gnas	Gard, Vaucluse, Ardèche	18.584	17.516
Comtat... .. .	22.580	21.435	Barjac et Céles	Gard	2.238	2.543
			Melhamie	Vaucluse	1.358	1.376
			Montouxieu	Hérault	"	"
			Milieu et Trézel	Aveyron, Gard	3.998	5.314
			Le Sarladais	Dordogne	2.819	3.882
			Estavar, Larquier, Orignac, St-Lon-	Pyrénées-Orientales, Landes, Hautes-		
Sud-Ouest	8 731	11.183		Pyrénées	1.672	1.757
			La Caunette	Hérault, Aude	200	210
			Murai	Cantal	42	20
			Gouhenans, Géronval	Haute-Saône	10.770	8.865
Vosges méridionales... .. .	11.500	9.681	Norroy	Vosges	780	786
			Chambéry et Enlrepernes	Savoie, Haute-Savoie	1 100	5.800
			Hauterives, Montélimar	Drôme	340	183
Haut-Rhône... .. .	1.568	6 140	La Tour-du-Pin	Isère	128	157
			Douvres, Vercia	Ain, Jura	"	"
Yonne	71	71	Joigny	Yonne	71	71
Totaux pour les ligantes	460.422	532.085			460.422	532.085
Totaux généraux	30.797 629	32.439.736			30 797 629	32.439.736

(44) Les bassins dont les mines n'ont pas été exploitées, ont leurs noms en italique.

STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

DÉPARTEMENTS	DÉSIGNATION de LA FONTE suivant la nature du combustible	1897			1898		
		FONTE		PRODUCTION totale	FONTE		PRODUCTION totale
		d'affinage	de moulage et moulée en 1 ^{re} fusion		d'affinage	de moulage et moulée en 1 ^{re} fusion	
Alber...	Au coke.....	tonnes 18.008	tonnes 5.610	tonnes 23.618	tonnes 20.362	tonnes 10.293	tonnes 30.655
Ardeche	Au coke.....	15.357	7.597	22.954	16.204	8.105	24.309
Ariège	Au coke.....	24.426	"	24.426	29.757	"	29.757
Aveyron	Au coke.....	13.003	"	13.003	18.103	"	18.103
Bouches-du-Rhône.....	Au coke	8.379	4.786	13.165	12.358	953	13.311
Charente	Au bois.....	"	750	750	"	500	500
Cher	Mixte	"	17.734	17.734	"	16.810	16.810
Dordogne	Au bois.....	110	460	570	"	430	430
Gard	Au coke.....	56.286	2.139	58.425	55.046	20.737	75.783
Isère.....	Au coke.....	33.777	6	34.006	35.791	5	35.728
Isère.....	Au bois.....	273	"	"	"	"	"
Landes.....	Au coke.....	63.014	5.000	73.478	69.815	2.066	76.160
Loire	Au bois.....	3.361	2.103	"	1.651	2.609	"
Loire-Inférieure.....	Au coke.....	22.536	4	22.540	23.101	2	23.103
Lot-et-Garonne.....	Au coke.....	43.725	11.626	55.351	57.068	17.416	74.484
Marne (Haute-)... ..	Au coke.....	388	19.201	19.589	273	19.783	20.068
Marne (Haute-)... ..	Au coke.....	20.810	35.710	58.401	22.084	27.548	54.582
Marne (Haute-)... ..	Au bois.....	507	29	"	1.316	43	"
Meurthe-et-Moselle	Mixte	"	1.395	"	"	2.688	"
Nord	Au coke.....	1.177 815	397.848	1 545 663	1 183.188	411.756	1-545 924
Pass-de-Calais	Au coke.....	294.037	"	294.037	287.000	"	287.000
Rhône	Au coke.....	82.548	"	82.548	78.874	"	78.874
Rhône (Haute-)... ..	Au coke.....	11 440	4 661	15 910	11 440	4 615	15 876
Saône-et-Loire.....	Au bois.....	"	"	"	"	11	205
Saône-et-Loire.....	Au bois.....	"	"	"	"	"	103.028

DÉPARTEMENTS	MODE DE FABRICATION DU FER	1897					1898				
		MAILL	PERE MAR- CHANDIS ET SPÉCIAUX	RÔLES	PRODU- TION totale	tonnes	MAILL	PERE MAR- CHANDIS ET SPÉCIAUX	RÔLES	PRODU- TION totale	tonnes
Doubs	Puddlage	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes		tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	
	Affinage au charbon de bois		1 598	876	7 268		3 052	781	7 008		
	Réchauffage de vieux fers		4 345	389			1 813	171			
Eure	Réchauffage de vieux fers et riblons		6 830		6 368		1 185		6 313		
Gard	Puddlage		1 126		5 128		6 313		4 355		
Garonne (Haute-)	Réchauffage de vieux fers et riblons		2 913		2 943		2 475		2 475		
Ille-et-Vilaine	Puddlage		84		84		109		109		
Isère	Puddlage		14		14		19		19		
Jura	Affinage au charbon de bois		11 723	4 241	16 950		12 392	4 537	18 217		
	Réchauffage de vieux fers		48				48				
	Puddlage		659	281			720	320			
Landes	Affinage au charbon de bois		1 088		3 953		853		3 198		
	Réchauffage de vieux fers		1 800				1 145				
Loire	Puddlage		20 685	5 924	33 513		22 097	5 099	34 920		
	Réchauffage de vieux fers et riblons		8 904				6 824				
Loire-Inférieure	Puddlage		1 397		9 147		1 622				
	Réchauffage de vieux fers et riblons		7 325	220			6 935		8 557		
Marne (Haute-)	Puddlage		49 407	3 886	65 124		52 181	4 301	68 308		
	Réchauffage de vieux fers et riblons		11 672	101			11 780	80			
Meurthe-et-Moselle	Puddlage		39 989	5 010	50 898		31 959	2 230	44 624		
	Réchauffage de vieux fers		6 000				8 435				
Meuse	Puddlage		7 708		8 670		7 198		8 933		
	Réchauffage de vieux fers		982				1 965				
Nièvre	Puddlage		3 244	77	5 870		1 358	68	2 242		
	Affinage au charbon de bois		474	11			3 698	9			
Nord	Réchauffage de vieux fers et riblons		2 061	9			230	5			
	Puddlage		139 101	22 200	205 365		200 000	12 060	327 398		
	Réchauffage de vieux fers et riblons		102 843	10 892			91 000	23 500			
Oise	Puddlage		14 673	2 142	17 815		11 855	1 000	12 147		
Oise	Affinage au charbon de bois		14								

[illegible]

RECAPITULATION.

Fer.....	{	Pucllé	593	439 324	30 723	499 540	230	495 852	49 014	515 086
		Affiné au charbon de bois.....	"	5 682	1 199	6 881	"	4 754	1 923	5 077
		Obtenu par réchauffage de vieux fers et riblons .	"	259 418	18 127	277 545	"	220 624	29 836	250 460
		Totaux..	593	704 324	79 049	783 066	230	721 230	80 063	801 543
		Diminution.....				368	"	"	"	"
		Augmentations.....				"	16 908	1 034	"	17 577

ORGANISATION. — Les fers bruts ou massaux transformés en produits marchands dans des départements autres que ceux où ils ont été fabriqués ne figurent pas sur le la peau, afin d'éviter un double emploi.

PRODUCTION DES ACIERS.

DÉPARTEMENTS	MODE DE FABRICATION DE L'ACIER	1897						1898					
		PRODUCTION DES ACIERS OUVRÉS				PRO- DUCTION des lingots Bessemer et Siemens- Martin	tonnes	PRODUCTION DES ACIERS OUVRÉS				PRO- DUCTION des lingots Bessemer et Siemens- Martin	tonnes
		Rails	Aciers mar- chands	Tôles	PRO- DUCTION totale			Rails	Aciers mar- chands	Tôles	PRO- DUCTION totale		
Aisne.....	Fusion au foyer Bessemer.....	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes
	Fusion au four Siemens-Martin.....	100	20.651	751	751	41.357	800		30.587	3.527	35.114	39.204	
Allier.....	Puddlage.....		50						60				
	Cémentation.....		50		30.477				60				
Ardennes.....	Fusion au creuset.....		1.020						1.200				
	Fusion au foyer Bessemer.....		24.693	12.131					23.615	11.770			
	Fusion au four Siemens-Martin.....		138	8.899		10.512			143	7.660		8.680	
	Cémentation.....		10		46.168				3		43.996		
Ariège.....	Fusion au creuset.....		297						410				
	Réchauffage de vieux acier.....								40	355			
	Fusion au four Siemens-Martin.....		2.278			3.149			3.463			4.440	
	Puddlage.....		2.231						292				
Aube.....	Cémentation.....		98		4.655				79		3.859		
	Fusion au creuset.....		48						25				
	Fusion au foyer Bessemer.....		2.379		2.579				2.505		2.505		
	Fusion au four Siemens-Martin.....	157	11.121	312	11.590	8.411		804	10.999	392	12.191	10.425	
Bouches-d.-Rhône	Fusion au foyer Bessemer.....		530		530				615		615		
	Fusion au four Siemens-Martin.....		217		217				233		233		
	Fusion au foyer Bessemer.....		8.140	788					23	882			
	Fusion au four Siemens-Martin.....								10.069	100	11.332		
Côte-d'Or.....	Puddlage.....								48				
	Cémentation.....				9.384				76				
	Fusion au creuset.....		80						60				
	Réchauffage de vieux acier.....								30				
Doubs.....	Fusion au foyer Bessemer.....		4.647						9.057				
	Fusion au four Siemens-Martin.....		4.050	3.300	12.088	8.346			1.705	3.212	14.172	4.347	
	Réchauffage de vieux acier.....								108				
	Fusion au foyer Bessemer.....	19.704	11.144		40.037	39.294		29.532	49			32.024	

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

PRODUCTION DES ACIERS (suite).

DÉPARTEMENTS	MODE DE FABRICATION DE L'ACIER	1897					1898				
		PRODUCTION DES ACIERS OUVRÉS				PRODUC- TION des lingots Bessemer et Siemens- Martin	PRODUCTION DES ACIERS OUVRÉS				PRODUC- TION des lingots Bessemer et Siemens- Martin
		Rails	Aciers mar- chands	Tôles	Produc- tion totale		Rails	Aciers mar- chands	Tôles	Produc- tion totale	
		tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes
Seine	Fusion au foyer Bessemer.....	"	1.828	"	"	"	"	1.984	"	"	"
	Fusion au four Siemens-Martin	"	422	"	"	"	"	1.791	"	"	"
	Cémentation	"	1	"	2.285	"	"	2	"	3.738	"
	Fusion au creuset.....	"	34	"	"	"	"	71	"	"	"
Seine-Inférieure.	Fusion au foyer Bessemer	"	"	"	"	"	"	500	"	500	"
	Fusion au four Siemens-Martin	"	10	"	10	10	"	"	"	"	"
Sèvres (Deux-).	Puddlage.....	"	1.163	"	"	"	"	1.436	"	"	"
	Cémentation.....	"	218	"	2.927	"	"	213	"	3.223	"
Tarn.....	Fusion au creuset.....	"	1.346	"	"	"	"	1.574	"	"	"
	Fusion au foyer Bessemer.....	"	1.187	1.431	3.818	"	"	1.125	1.503	3.680	"
Vosges.....	Réchauffage de vieil acier.....	"	"	1.200	"	"	"	169	883	"	"
RÉCAPITULATION.											
Acier	Fondu au foyer Bessemer	190.425	314.278	53.005	557.708	802.320	216.238	353.024	77.268	646.550	905.995
	Fondu au four Siemens-Martin.....	1.435	234.979	178.772	415.186	522.887	5.796	270.047	184.774	460.617	535.638
	Puddled et de forge.....	"	7.570	442	8.012	"	"	6.219	453	6.672	"
	Cémenté.....	"	1.186	"	1.186	"	"	1.062	48	1.110	"
	Fondu au creuset	"	9.874	217	10.091	"	"	14.954	457	15.411	"
Obtenu par réchauffage de vieil acier.....		"	1.111	1.597	2.708	"	"	6.427	1.846	8.273	"
Totaux.....		191.860	568.498	234.033	904.891	1.325.213	222.054	651.733	264.846	1.138.633	1.441.633
Augmentations.....							30.194	82.735	30.813	143.742	116.420

La production des lingots ne correspond pas entièrement à celle des aciers ouverts Bessemer et Martin, car il y a lieu de tenir compte des variations du stock.

réglementer le tirage des coups de mines dans les houillères grisouteuses.

Les critiques formulées contre la théorie française dans quelques-unes des publications récentes concernant ces expériences, et l'abandon complet des principes de notre réglementation dans celle que vient d'édicter l'Angleterre, nous paraissent de sérieux motifs pour examiner avec soin si les résultats obtenus dans les autres pays sont de nature à ébranler la confiance qu'inspirent à nos exploitants les éminents fondateurs de la théorie française, et s'ils diffèrent assez de ceux obtenus chez nous pour qu'il y ait lieu d'instituer une nouvelle série d'expériences officielles sur les explosifs de sûreté.

L'examen des travaux récents entrepris à l'étranger sur cette question (*) nous a montré que les objections adressées à la Commission française tiennent surtout à ce qu'on lui prête des conclusions plus absolues que celles qu'elle a émises. Il nous paraît donc utile, avant de passer en revue les résultats des recherches faites à l'étranger, de rappeler très brièvement ceux qui ont été obtenus en France.

FRANCE.

Les principaux *faits certains, entièrement nouveaux*, établis par la Commission française des substances explosives peuvent être résumés comme il suit :

1° Tout explosif dont les produits atteignent, pendant la détonation, une température dépassant 2. 200° (pour un

(*) En dehors des mémoires originaux, ou rapports officiels, il a été publié des analyses détaillées de ces travaux, notamment :

1° Par M. Schmerber, Ingénieur des Arts et Manufactures, dans *le Génie civil* (1897, 1^{er} sem., t. XXXI, p. 228, 244, 340 et 356 ; et 1897, 2^e sem., t. XXXII, p. 17, 300, 316, 416 et 427.

2° Dans les *Annales des Mines de Belgique*, t. I (1896), p. 1, 29, 43, 552 et 585 ; t. II (1897), 4^e livr. ; et t. III (1898), p. 564 et 777 (notes et articles de MM. Henrotte, Watteyne, Denoël et Daniel).

poids de 50 grammes d'explosif entouré d'une enveloppe mince de plomb), est susceptible d'allumer le grisou ; la poudre noire, même déflagrant au milieu de l'eau, la dynamite, le coton-poudre, la dynamite-gomme, la dynamite-gélatine, etc., sont dans ce cas (*) ;

2° Avec un explosif détonant à l'air libre dans une capacité de 10 mètres cubes contenant un mélange à 10 p. 100 de formène, si la température de détonation est inférieure à 2.200°, le grisou *peut* n'être pas allumé, par suite du *refroidissement rapide des gaz pendant leur détente* et du *retard à l'inflammation* des mélanges d'air et de formène, découverten 1883 par MM. Mallard et Le Chatelier ;

3° Si à un explosif détonant, qui, seul, allume le grisou (comme la dynamite et le coton octonitrique), on ajoute des quantités croissantes de substances ne détonant point par elles-mêmes ou produisant, comme l'azotate d'ammoniaque, des effets de détonation moindres que l'explosif lui-même, et dont l'effet est d'abaisser la température de détonation, il existe une proportion pour laquelle, à charge totale constante de 50 grammes détonant à l'air libre, le grisou n'est pas allumé (**).

Les conclusions *pratiques* tirées de ces faits d'expérience par la Commission française sont que : plus la température de détonation est basse, moins il y a de chances d'allumer le grisou ; mais, si l'on peut ainsi diminuer considérablement le danger de l'explosion, la sécurité n'est jamais absolue « en raison de la complexité et du peu de fixité
« des phénomènes qui peuvent se présenter dans la dé-
« tonation des explosifs à l'air libre » ; aussi « sera-t-il
« toujours prudent d'éviter le tirage des coups de mines

(*) *Rapport sur l'étude des questions relatives à l'emploi des explosifs en présence du grisou*, par E. MALLARD (*Ann. des mines*, 8^e série, t. XIV, p. 267 et 280).

(**) *Ibidem*, p. 238.

« même chargés avec un des explosifs considérés comme
« les plus sûrs, dans un point où le mélange d'air et
« de grisou est inflammable (*).

« La sécurité est d'autant plus grande que l'explosif
« est mieux et plus complètement bourré dans le trou
« de mine ; elle est d'autant plus grande que la masse de
« l'explosif est moins considérable. Toutes choses égales,
« la sécurité dépend surtout de la température de déto-
« nation de l'explosif (**).

La circulaire ministérielle du 1^{er} août 1890, sanctionnant les conclusions de la Commission française, déclare qu'à la suite des travaux de celle-ci « on a reconnu la possibilité de procurer à l'industrie des mines des explosifs qui, s'ils ne sont pas susceptibles de donner une sécurité absolue qu'on ne peut jamais obtenir en ces matières, permettent d'atteindre un degré de sécurité auquel on n'aurait pas cru jusqu'ici pouvoir arriver. » Elle interdit l'emploi de la poudre noire dans les mines à grisou ou les mines poussiéreuses dont les poussières sont inflammables. Elle laisse, d'ailleurs, aux exploitants toute latitude dans le choix des explosifs détonants quant à leur composition, à la condition que les produits de leur détonation ne contiennent aucun élément combustible, et que la température de détonation (facile à calculer d'après les formules données par la Commission, lorsqu'on connaît le mode de décomposition de l'explosif) n'excède pas 1.900° pour les explosifs employés aux travaux de percement dans le rocher, et 1.500° pour les travaux en couche.

La circulaire maintient, d'ailleurs, toutes les mesures antérieurement prescrites concernant l'usage des explosifs dans les mines à grisou, notamment en ce qui concerne

(*) *Rapport sur l'étude des questions relatives à l'emploi des explosifs en présence du grisou*, par E. MALLARD (*Ann. des mines*, 8^e série, t. XIV, p. 281).

(**) *Sur l'emploi des explosifs dans les mines à grisou*, par M. MALLARD (*Bull. de la Société de l'Industrie Min.*, 2^e série, t. III, 3^e livr., 1889).

le boute-feu spécial, la constatation de l'absence du grisou avant le tirage, etc.

L'écart entre les températures de 1.900° et 1.500° et celle de 2.200° (température *apparente* d'inflammation du grisou) a pour but de parer, dans la mesure du possible, aux aléas que donnent des charges supérieures à celles des essais de la Commission, qui n'ont jamais dépassé 200 grammes, ainsi que les variations dans la fabrication de l'explosif et dans le mode d'explosion.

Après la publication des rapports résumant les travaux de la Commission française des substances explosives, il restait à la pratique à déterminer la valeur relative des explosifs indiqués par la Commission comme rentrant dans la catégorie des explosifs de sûreté ; la Commission française du grisou, réinstallée à titre provisoire par arrêté ministériel du 12 février 1887 et à titre permanent par décision du 4 février 1891, n'a cessé de suivre et d'encourager les recherches entreprises dans ce but par les compagnies minières, notamment celles de la C^{ie} de Liévin, exécutées par M. Simon, en partie devant la Sous-Commission d'expériences de la Commission du grisou, et dont il a été rendu compte dans les *Annales*(*). Nous rappellerons brièvement ses importants résultats auxquels nous aurons à nous référer par la suite à plusieurs reprises.

L'essai des explosifs était fait au moyen d'un canon d'acier vertical placé au fond d'une cuve métallique de 1^m⁰⁰,750 de capacité, fermée par une toile paraffinée ; les explosifs étaient éprouvés avec ou sans bourrage, dans des mélanges d'air et de gaz d'éclairage, ou de formène artificiel.

Sans bourrage, tous les explosifs de sûreté essayés ont allumé les mélanges d'air et de gaz d'éclairage (à par-

(*) *Ann. des mines*, 8^e série, t. XVIII : « Note relative à des essais faits aux mines de Liévin sur les Explosifs de sûreté, par M. A. Simon, Ingénieur principal aux mines de Liévin. »

tir de 8 p. 100), même avec de très faibles charges (55 à 60 grammes), bien que leur température de détonation fût de 1.638° (grisoutine F) ou même seulement de 1.500° (grisoutines B et M et explosif de Sevrans-Livry), dont voici les compositions :

SUBSTANCES	GRISOUTINE F	GRISOUTINE B	GRISOUTINE M	Explosif Sevrans-Livry
Nitro-glycérine.....	19,60 p.100	11,76	"	"
Coton azotique	0,40	0,24	0,35	"
Coton octonitrique	"	"	"	9,5
Dynamite.....	"	"	19,65	"
Azotate d'ammoniaque.....	80,00	88,00	80,00	90,5
TOTAL.....	100,00	100,00	100,00	100,0
Température de détonation.	1.638°	1.500°	1.500°	1.500°

Avec bourrage de sable sec, simplement versé sur l'explosif, pour des charges de 60 grammes, l'inflammation des mélanges d'air et de gaz d'éclairage à 12 p. 100 a été empêchée par 2 centimètres de hauteur de sable pour l'explosif de Sevrans-Livry, 5 centimètres pour les grisoutines F, B et M.

Des hauteurs de 4 à 6 centimètres de sable ont rendu ininflammables les mélanges de gaz à 10 p. 100, même pour des charges allant jusqu'à 240 grammes de grisoutine M.

La dynamite-gomme elle-même, avec une charge de 85 grammes, n'a pu enflammer le mélange d'air et de gaz d'éclairage sous une hauteur de sable de 30 centimètres seulement; alors que, dans les anciennes expériences de la Commission anglaise dirigées par sir F. Abel, 93 grammes de dynamite, bourrés avec 15 à 16 centimètres de sable, avaient allumé un mélange détonant d'air et de grisou.

Dans les mélanges d'air et de formène à 10 p. 100, sans bourrage, les explosifs à 1.500° n'ont pas allumé avec une charge de 55 à 60 grammes, mais ont provoqué

RECHERCHES CONCERNANT LES EXI

l'allumage avec une charge de 110
rage, une charge de 240 gram
produit l'allumage sous 2 centimè
plus allumé sous 6 centimètres.

Les expériences de la C^{ie} de Lié
démontré, d'une part, l'accroissem
charge augmente, même avec des
pérature de détonation, d'autre p
du bourrage sur l'accroissement
d'inflammation étant produite par c
augmentant beaucoup moins vite
ce qui permet de penser « que les
« employées dans la pratique se
« inoffensives par une surcharge
« faible et inférieure à 15 centimè

Enfin des essais d'inflammation
Liévin au moyen d'un canon horiz
d'un long tuyau en fer de 0^m,80
poussières inflammables étaient ma
par un ventilateur ont montré
grisoutine-gomme (70 p. 100 d'
29,10 p. 100 de nitro-glycérine et
à température de détonation éga
qué l'inflammation des poussières, t
des grisoutines à température d
1.500° n'ont pas enflammé les pous

Des essais ont été faits en octob
Blanzv devant la Sous-Commissio
Commission du grisou, en vue d
des poussières seules par les ex
explosifs étaient placés dans un ca.
limètres de diamètre intérieur e
profondeur disposé au fond d'une
rement inclinée vers le sol et di

NOTE A LA COMMISSION DU GRISOU

ée à peu de distance et sur laquelle était déposé un de poussière très inflammable.

Avec des charges de 300 grammes on n'a pas eu d'inflammation avec des grisoutines : grisoutine-couche, formée de 4,5 p. 100 de trinitronaphtaline et 95,5 p. 100 d'azotate d'ammoniaque (température de détonation, 86°), grisounite-roche formée de 8,5 p. 100 de trinitronaphtaline et 91,5 p. 100 d'azotate (température de détonation, 1.891°); mais on a produit des flammes considérables (15 à 20 mètres de longueur), avec la grisoutine-gomme (29,5 p. 100 de nitro-glycérine et 0,5 de gomme azotique avec 70 p. 100 d'azotate d'ammoniaque; température de détonation, 1.870°) et avec l'explosif Favier à 12 p. 109 de binitronaphtaline (température de détonation, 2.139°).

Les expériences, confirmant de tous points celles de la Commission du grisou, montrent bien que c'est à juste titre que les grisoutines à poussières inflammables sont assimilées, pour le règlement des coups de mine, aux mines grisouteuses par la Commission française, la sécurité en présence des grisoutines, comme avec le grisou seul, étant d'autant plus grande que la température de détonation est plus basse.

Enfin, à la suite de quelques accidents survenus dans l'emploi de grisounite-couche Favier (95,5 p. 100 d'azotate d'ammoniaque et 4,5 de trinitronaphtaline) et attribués à des « explosions retardées », la Commission du grisou a entrepris l'étude des conditions dans lesquelles peuvent se produire les ratés dans l'emploi de ces explosifs à très basse température de détonation. Cette étude, commencée en 1896(*), a donné lieu à des expériences

Accidents survenus par suite d'explosion tardive de cartouches de grisounite. Rapport présenté à la Commission du grisou, par M. Saragat, Ingénieur en chef des Poudres et Salpêtres, membre de l'Institut National des Mines, 9^e série, t. X, p. 126).

RECHERCHES CONCERNANT LES EXPLOSIFS DE SURETÉ 2

poursuivies en 1897 et 1898 à la poudrerie d'Esquerde et dont il vient d'être rendu compte dans un rapport M. Sarrau, inséré aux *Annales des Mines*. Dans ces essais on a cherché à réaliser des décompositions fusantes de ces explosifs, soit par l'affaiblissement des amorces, soit par la compression de la matière explosive, qui diminue son aptitude à la détonation; la décomposition fusante a pu être obtenue par le premier procédé, mais sans jamais pouvoir être transformée en décomposition explosive. Des résultats semblables ont été obtenus par une méthode différente, par M. Schmerber^(*), en diminuant l'aptitude à la détonation par l'accroissement de la proportion d'azotate d'ammoniaque.

Ces expériences prouvent, en résumé, que la décomposition fusante des explosifs à basse température de détonation peut se produire, très difficilement d'ailleurs, notamment sous l'action d'une amorce trop faible, mais que, dans aucun cas, elle ne se transforme en décomposition explosive, et que, par suite, le fonctionnement explosif des grisounites ne présente aucune particularité de nature à restreindre l'emploi.

BELGIQUE.

Il n'a pas été fait d'essais des explosifs de sûreté par une Commission spéciale, mais seulement par les fabricants d'explosifs, notamment en 1890 à Marchienne, où d'intéressantes expériences ont été faites sur l'influence de la température extérieure et de la longueur du bouillage. Le règlement belge du 13 décembre 1885 sur l'emploi des explosifs ne prescrit pas explicitement l'emploi des explosifs de sûreté et se contente de recommander aux directeurs de mines grisoutouses. Le usage s'est néanmoins rapidement propagé en Belgique.

(*) *Genie civil*, 1898 : « Les explosions tardives ».

Le tableau précédent indique les principaux explosifs de sûreté employés en Belgique, d'après le rapport de MM. Watteyne et Denoël; nous y joignons les températures de détonation à l'air libre, calculées par MM. Henrotte, Heise, etc.

ANGLETERRE.

Les expériences de la Commission officielle pour l'étude des explosifs dans des atmosphères grisouteuses, commencées en 1892, ont été terminées à la fin de 1896. L'appareil installé aux houillères de Hebburn se composait d'un tube métallique de 30^m,78 de longueur et 0^m,91 de diamètre, fermé d'un côté par un fond plein, de l'autre par un disque en papier. Près du fond on plaçait un canon mobile contenant l'explosif, et l'on envoyait du gaz d'éclairage ou du grisou naturel mélangés à l'air par un ventilateur.

Pour les essais avec poussières, celles-ci étaient placées en avant du canon sur un carton légèrement incliné vers celui-ci. Des regards placés le long du tube permettaient d'observer l'effet de l'explosion.

D'après les essais faits sur des mélanges d'air et de grisou ou de gaz d'éclairage, le rapport officiel conclut que les explosifs de sûreté, tels que la « bellite, la sécurité, l'ammonite, etc. », enflamment plus difficilement les mélanges gazeux que la poudre, mais ne peuvent cependant pas être considérés comme présentant une sécurité absolue; — que les résultats variables obtenus avec un même explosif paraissent tenir aux variations de fabrication ou de composition; — qu'il ne faut jamais perdre de vue que les risques d'inflammation et d'explosion ne sont que diminués, mais non supprimés, et qu'il est dès lors essentiel que les précautions prises actuellement

pendant le tirage à la poudre soient maintenues avec les nouveaux explosifs.

La Commission anglaise constate, de plus, que les explosifs de sécurité enflamment beaucoup moins facilement les poussières de charbon que ne le fait la poudre noire.

Comme remarques spéciales, elle note que les mélanges grisouteux sont plus facilement enflammés par les détonateurs au fulminate que les mélanges d'air et de gaz d'éclairage, et que, contrairement à l'opinion de la Commission française, les détonations incomplètes n'augmentent pas le danger que présente un produit.

Sur ce dernier point, qui offre peu d'intérêt d'ailleurs, au point de vue des précautions à prendre, le seul phénomène de ce genre cité par la Commission française est l'inflammation du grisou par une cartouche de dynamite brûlant au lieu de détoner, lorsqu'elle est allumée par une flamme au lieu d'être excitée par un détonateur. Ce fait a été nettement constaté(*) et reste acquis. Quant à l'effet sur le grisou des détonations incomplètes des explosifs de sûreté, il ne nous paraît pas possible d'émettre une conclusion aussi générale que celle de la Commission anglaise, cet effet dépendant essentiellement du mode de décomposition de l'explosif, qui peut être très variable d'un essai à l'autre.

On voit que, dans l'ensemble, les expériences de la Commission anglaise ne contredisent ni ne complètent les résultats acquis en France. On peut donc s'étonner que l'appréciation du degré de sécurité des explosifs à employer dans les houillères grisouteuses, conformément à l'ordonnance anglaise promulguée le 4 juin 1897, soit basée non plus sur la nature de l'explosif, comme dans la réglementation française, mais exclusivement sur des essais pra-

(*) *Ann. des Mines*, 8^e série, t. XIV, loc. cit., p. 274.

grande facilité ; on relève même, parmi les explosifs admis, des composés, comme « l'Elephant Brand Gun powder », qui ne diffèrent pas sensiblement de la poudre noire ordinaire (*).

Il ne paraît donc pas que la réglementation anglaise marque un progrès quelconque dans la question des explosifs de sûreté ; il semble même qu'elle ait par trop cédé au désir de conserver dans les mines grisouteuses l'emploi d'explosifs doués d'une force considérable et d'un rendement commercial plus élevé que les explosifs réellement sûrs.

AUTRICHE.

La Commission autrichienne du grisou, qui a fonctionné de 1885 à 1891, et dont nous avons analysé ici même les travaux (**), n'avait fait que peu de recherches sur les explosifs de sûreté ; elle s'était surtout attachée, dans les expériences effectuées à Polnisch-Ostrau et à Segengottes, à étudier l'inflammation des poussières avec ou sans addition de grisou au moyen de divers explosifs brisants, et avait conclu, comme dans les expériences de Liévin, à l'inflammabilité des poussières par les explosifs brisants en cartouches libres ou bourrés avec des poussières, et à l'influence remarquable de bourrages de sable, même de très peu d'épaisseur.

Ces recherches ont été complétées ultérieurement par les expériences de deux nouveaux comités, institués en 1894 et constitués à titre permanent depuis 1895, l'un à Mährisch-Ostrau, l'autre à Segengottes, par des fonctionnaires de l'administration des mines et des directeurs

(*) *Revue des progrès dans l'industrie des Explosifs*, par E. ACKERMANN, Ingénieur civil des Mines (*Revue de Chimie industrielle*, novembre 1898).

(**) *Annales des Mines*, 1892 (livr. de février).

de houillères ; les résultats viennent d'en être publiés (*).

D'après les publications de ces travaux, qui ne sont pas encore terminés d'ailleurs, le principe des expériences et les résultats acquis jusqu'à ce jour sont les suivants :

On fait détoner à l'air libre, suspendues au toit ou placées sur le sol des galeries, à nu ou recouvertes de poussières de houille, des charges croissantes de chaque explosif étudié jusqu'à ce que l'on provoque l'inflammation du mélange à 10 p. 100 de grisou, ou que l'on atteigne la limite des charges usuelles.

Le comité de Mährisch-Ostrau a vérifié, ainsi que nous l'avions déjà constaté en France, que la dynamite et les gélatines-dynamites enflamment les poussières seules et, de plus, que le bourrage à l'eau n'a aucune supériorité sur le bourrage à l'argile ou à la mousse humide.

Les principales conditions que doit remplir un explosif de sûreté, d'après ce comité, sont les suivantes : ne pas donner de flammes apparentes lors de la détonation ; ne renfermer aucune matière inflammable dans l'enveloppe de la cartouche ; ne pas allumer par explosion à l'air libre, aux charges les plus élevées usitées en pratique, les mélanges de 7 à 10 p. 100 de grisou et de poussières de charbon.

Celui qui, d'après les expériences autrichiennes, répond le mieux à ces conditions est la *progressite*, formée de 95 p. 100 d'azotate d'ammoniaque et 5 p. 100 de chlorure d'aniline. Ont été trouvés également satisfaisants : la *wetter dynamite* à la soude (précédemment étudiée par l'ancienne Commission autrichienne) et l'*antigrisou Farier n° 0* (à 80,57 p. 100 d'azotate d'ammoniaque, 13,07 p. 100 de chlorhydrate d'ammoniaque et 6,36 p. 100 de binitronaphtaline). Tous ces explosifs détonant à l'air

(*) *Mittheilungen der ständigen Comites zur untersuchung von schlagwetter fragen in Mährisch-Ostrau und Segengottes*, 1894-1896 (publié par le ministère de l'Agriculture, Vienne, 1896).

libre n'ont pas provoqué d'inflammation avec des charges allant jusqu'à 500 grammes, excitées par des détonateurs allant jusqu'à 4 grammes de fulminate.

Ont donné de moins bons résultats :

<i>l'antigrisou Favier</i>	{	81,49 p. 100 d'azotate d'ammoniaque
		7,40 p. 100 de chlorhydrate d'ammoniaque
		11,11 p. 100 de binitronaphtaline

n° II, à

qui, sur seize essais, a donné deux explosions avec des charges, l'une de 150 grammes, l'autre de 300 grammes ; un explosif à 95 p. 100 d'azotate d'ammoniaque et 5 p. 100 de résine, qui enflamme le grisou à 7 p. 100 mélangé de poussières à partir de la charge de 100 grammes ;

l'explosif à 90 p. 100 d'azotate d'ammoniaque et 10 p. 100 de binitrobenzine, qui enflamme le même mélange à partir de 50 grammes.

Au cours de ces essais, l'usage des explosifs de sûreté a été reconnu officiellement par le règlement autrichien du 27 octobre 1895, qui, sans spécifier leur composition, a prescrit leur emploi dans les cas suivants :

« Si, au cours de la visite qu'il doit faire avant le tirage des coups de mine, le boute-feu constate l'absence de poussières, mais reconnaît la présence de 1,5 p. 100 de grisou dans le courant d'air, il ne doit miner qu'avec des explosifs de sûreté.

« Lorsque la teneur en grisou atteint 2,5 p. 100 dans le courant d'air ou même en un point quelconque du chantier, le tirage des coups de mine est strictement interdit. »

« Si, dans son inspection, le boute-feu ne trouve pas de grisou, mais constate dans le courant d'air, sur le sol ou les parois des galeries, ou sur les boisages, la présence de poussières ne pouvant être entièrement balayées par

dispositions de l'appareil de Sevrans-Livry n'ayant pas permis de dépasser cette charge. Dans les expériences de Liévin, des charges de 110 grammes d'explosifs à 1.500° avaient allumé le grisou, mais étaient placées dans un canon sans bourrage et détonaient dans une capacité de faible volume. Il semblerait donc que les essais faits dans un canon sans bourrage donnent une charge limite très inférieure aux détonations à l'air libre ; nous allons voir que les expériences faites en Allemagne conduisent à un résultat absolument contraire.

Enfin, en ce qui concerne les expériences poursuivies en Autriche, nous signalerons les intéressants essais exécutés par M. Sierche, Directeur technique de la fabrique de dynamite de Presbourg, qui a pris des photographies instantanées des flammes produites par différents explosifs et constaté nettement la diminution progressive des flammes données par un même poids d'explosifs composés d'un corps combustible et d'azotate d'ammoniaque, au fur et à mesure que la proportion de ce dernier augmente (*).

ALLEMAGNE.

Depuis les travaux de la Commission prussienne du grisou, poursuivis, de 1885 à 1887, à la mine König, de Neun-Kirchen (Saarbruck) et résumés, dans le rapport de Mallard de 1888, de nombreuses expériences ont été faites dans le même bassin en vue de contrôler et compléter les études de la Commission française ; les plus importantes sont celles qui viennent d'être publiées par M. le Bergassessor Heise (**).

(*) Les clichés de ces épreuves ont été reproduits par M. Schmerber dans son article : *Les explosifs et le grisou en Autriche* (*Génie civil*, 1897, t. XXXII, 33, p. 17 et 318).

(**) Les expériences ont été publiées dans *Glückauf*, Essen, 1898, n° 34 à 37.

M. Winkhaus s'est également attaché, en partant de la théorie française, à déterminer pour des mélanges d'azotate d'ammoniaque et de binitrobenzol (type bellite), quelle était la charge limite provoquant l'inflammation soit de poussières seules, soit de mélanges à 7 p. 100 de grisou, pour des explosifs à température de détonation décroissante.

Le tableau suivant résume ces essais.

COMPOSITION du MÉLANGE		RÉSULTATS DES ESSAIS			TEMPÉRATURE de détonation	FORCE de L'EXPLOSIF (Élargissement de la capacité d'une cavité pratiquée dans un bloc de plomb produite par 10 grammes d'explosif)
Azotate d'ammo- niaque	Binitro- benzol	Cartouches avec enveloppes paraffinées — Poussières seules	Cartouches sans enveloppes paraffinées Poussières seules	7 p. 100 de grisou		
83 p. 100	17 p. 100	I. 125 ^{gr.}	I. 225 ^{gr.}	I. 50 ^{gr.}	2.200*	470
86	14	I. 150	I. 300	I. 100	2.047	457
89	11	I. 225	I. 500	I. 150	1.870	456
92	8	I. 250	N. 500	I. 350	1.692	365
95,25	4,75	N. 500	N. 500	I. 500	1.482	290

Nota. { I = inflammation.
 { N = non-inflammation.

Les résultats obtenus confirment d'une façon remarquable la théorie française, la charge limite s'élevant progressivement au fur et à mesure que la température de détonation s'abaisse. La sécurité (qui n'est pas absolue puisque l'explosif à 4,75 p. 100 de binitrobenzol a encore allumé le grisou sous une charge n'excédant pas les limites de la pratique) n'est malheureusement augmentée qu'au détriment de la puissance de l'explosif. Il est à noter que, les charges limites des explosifs à basse température de détonation sont très supérieures aux charges limites obtenues à Liévin, où l'on opérait cependant dans des conditions analogues (tirage au canon sans bourrages); l'écart tient vraisemblablement à la beaucoup plus grande

EXPLOSIF	COMPOSITION	EQUATION	CHALEUR DÉGAGÉE par 1 kilogramme d'explo	TEMPÉRATURE IMBROQUE de détonation	TRAITEMENT AU MORTIER				TRAVAIL MAXIMUM fourni par 1 kilogramme d'explo	CHARGE CORRESPOND. à 2.500 kilogrammètres	ÉLARGISSEMENT DU BLOC DE P obtenue pour 10 gr. d'explosif (m)	POUVOIR EN VOLUME (élargissement du bloc de plomb pour une charge de la colonne 11 et calculée par 1	1(e)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
						Poudrilles seules ou avec 2,5 p. 100 de grisou	Poudrilles avec 6,5 p. 100 de grisou	Poudrilles avec 8 p. 100 de grisou	Poudrilles avec 8 p. 100 de grisou				mesuré en électrique d'après M
						gr.	gr.	gr.	gr.	kil- gramm.	centi- mètres cubes		
Carbonite pour charbon et water- dynamite de Wienberg	P. 100 Nitroglycérine 25 Salpêtre..... 34 Taz pulvérisé (4 2,5 p. 100 d'eau). 39,5 Nitrate de baryte... 1,0 Carbonate de soude. 0,5	$32C_2H_{10}O_4 + 210Na_2CO_3 + 134CO_2H_{10}O_4 + 82H_2O + 10K_2CO_3 = 376CO_2 + 315CO + 376H_2O + 536H_2 + 201Ar + 105Na_2CO_3 + 10K_2CO_3$	628	184,5°	900	900	900	600	231,000	10,82	206	233 (223)	1(e)
Carbo- nite n° 1	Nitroglycérine 25 Nitrate de soude .. 30,5 Parine 37,0 Eau (humidité).... 2,5 Bichromate de po- tasse..... 5,0	$32C_2H_{10}O_4 + 210Na_2CO_3 + 134CO_2H_{10}O_4 + 82H_2O + 10K_2CO_3 = 376CO_2 + 315CO + 376H_2O + 536H_2 + 201Ar + 105Na_2CO_3 + 10K_2CO_3$	632				725	400	239,040	10,46	231	246 (241)	1(e)
Carbo- nite n° 11	Nitroglycérine 30,0 Nitrate de soude .. 28,5 Parine 34,0 Eau (humidité).... 2,5	$32C_2H_{10}O_4 + 210Na_2CO_3 + 134CO_2H_{10}O_4 + 82H_2O + 10K_2CO_3 = 376CO_2 + 315CO + 376H_2O + 536H_2 + 201Ar + 105Na_2CO_3 + 10K_2CO_3$	643				730	300	1,000	10,78	246	254 (249)	1(e)

RECHERCHES CONCERNANT LES EXPLOSIFS DE SUR

Explosif de l'école de l'artillerie de l'École

Dans une seconde série, on faisait détoner à l'air libre les cartouches ficelées en un seul paquet et placées sur une planche, dans une atmosphère chargée de poussières et contenant 8 à 8,25 p. 100 de grisou.

Les cartouches étaient amorcées dans tous les cas avec des détonateurs contenant 2 grammes de fulminate de mercure, et, après introduction du grisou, on mettait en suspension, dans la chambre d'expériences, 2 litres de poussières de charbon gras.

Les colonnes 6 à 9 du tableau ci-joint donnent les charges maxima qui n'ont pas produit d'inflammation en détonant soit dans le mortier, soit à l'air libre.

On voit que, sauf pour les explosifs brisants ordinaires, la charge limite est toujours plus faible dans les essais à l'air libre que dans les essais au mortier. Ce résultat confirme bien les indications de la Commission française, qui considérait la détonation à l'air libre comme un critérium de la sécurité, plus rigoureux que le tirage au mortier; M. Heise donne cependant la préférence au tirage au mortier en raison de la fréquence des détonations incomplètes à l'air libre pouvant dérouter l'expérimentateur.

M. Heise pense en effet que, en raison de la fixité du mortier et de sa résistance à la pression des gaz, la décomposition des explosifs y est plus complète que dans la détonation à l'air libre, la matière pouvant être dans ce cas projetée sans décomposition par la force de l'explosion. En fait, un certain nombre d'essais exécutés à l'air libre paraissent bien, d'après le bruit faible de l'explosion et l'odeur particulière des fumées, avoir donné des décompositions incomplètes, et les coups tirés dans ces conditions n'ont pas enflammé le grisou avec des charges relativement fortes; en sorte que, dans les essais à l'air libre, ce sont les explosifs qui ont la plus grande aptitude à la détonation qui se sont, en général, montrés les moins sûrs.

M. Heise a d'ailleurs fait une série d'expériences spé-

sais à l'air libre, ou la méthode du mortier ainsi que le montre la comparaison des colonnes 8 et 9 du tableau; nous paraît donc difficile de condamner l'une des méthodes au profit de l'autre, uniquement sur les résultats donnés par deux explosifs qui, avec les charges pratiques, sont à peu près aussi dangereux l'un que l'autre dans les mines grisou.

L'état physique de l'explosif paraît influencer beaucoup la charge limite, surtout dans la détonation à l'air libre : c'est ainsi que la dahménite A grenée (c'est-à-dire broyée, après forte pression, en grains de la grosseur de poudre de chasse) a une charge limite décuple de la dahménite A pulvérulente, la roburite grenée une charge limite double de la roburite pulvérulente.

La caractéristique des recherches de M. Heise est sa priorité sur le *pouvoir brisant*; en voici le principe. Si l'on considère un explosif placé dans une cavité pratiquée dans un bloc de plomb et hourré très légèrement, la dilatation de cette cavité par l'explosion sera, toutes choses égales d'ailleurs, d'autant plus considérable que celle-ci sera plus rapide. Si donc l'on prend des poids des différents explosifs calculés d'après les chaleurs qu'ils dégagent, façon qu'ils représentent la même puissance de travail (2.500 kilogrammètres, par exemple), en faisant détoner ces poids dans des cavités de même volume sous un hourrage identique, la dilatation de la cavité représentera, sous une certaine mesure, le pouvoir brisant de l'explosif considéré.

Pour obtenir ce pouvoir brisant, M. Heise se sert de cylindres cylindriques de plomb raffiné de 240 millimètres de hauteur et 140 millimètres de diamètre extérieur, percés d'un trou cylindrique de 25 millimètres de diamètre et 45 millimètres de profondeur.

Les explosifs, soigneusement pesés, sont moulés en cartouches dans une feuille d'étain, tassés au fond

RECHERCHES CONCERNANT LES EXPLOSIFS DE SU

de la cavité et recouverts de 50 centimètres de sable sec, simplement versé sur l'explosif; la c est produite par des capsules de 2 grammes de de mercure. La dilatation de la cavité après ex mesurée avec une éprouvette graduée et de l'e

En classant les explosifs expérimentés, d d'après les charges limites n'enflammant pas d'autre part d'après le pouvoir brisant ainsi évalué a constaté que les explosifs sûrs, qu'il appelle de et qui ne donnent au mortier aucune inflam mélange à 8 p. 100 de grisou avec des charges c 700 grammes, ont des pouvoirs brisants bien à ceux des explosifs qui ont enflammé le méla des charges supérieures à 450 grammes et que appelle explosifs de sûreté de 2^e classe.

Tous les explosifs trouvés sûrs par M. Heis températures de détonation inférieures à 2.20 les charges limites de chaque explosif ne sont en rapport avec la température de détonatic qu'elles sont dans l'ensemble en raison inverse c brisant, et, pour un même explosif comme la dah augmentent nettement lorsqu'on diminue le po sant par une modification de l'état physique, p nage par exemple. M. Heise conclut donc au la théorie française, exclusivement basée sur l rature de détonation, à laquelle il fait les objec vantes :

1^o La température de détonation étant indépe la quantité d'explosif, la théorie de la Commission n'explique pas pourquoi tous les explosifs connu ne présentent de sécurité qu'en deçà d'une certa de charge ;

2^o Si cette température de détonation peut un critérium admissible pour des explosifs com mêmes éléments dont on fait seulement varier

NOTE A LA COMMISSION DU GRISOU

is, elle ne permet pas de comparer entre eux, au point de vue de la sécurité, des explosifs formés d'éléments différents, puisque la dahménite A dont la température de détonation est de 2.064° , s'est montrée très sûre, alors que des mélanges à température de détonation bien plus basse que le mélange de 30 p. 100 de nitroglycérine gélifiée, 70 p. 100 de nitrate d'ammoniaque (dont la température de détonation est d'environ 1.850°) enflamment des poussières seules avec une charge de 200 grammes. On ne doit donc méconnaître l'importance de la température de détonation, M. Heise estime qu'elle ne peut suffire seule pour définir la sécurité d'un explosif; on ne doit pas davantage prendre pour l'apprécier les quantités de chaleur dégagées, puisque la dahménite A grenée, qui présente un haut degré de sécurité, développe une quantité de chaleur relativement considérable. On est donc conduit, d'après M. Heise, à adopter comme critérium de sécurité d'un explosif son *pouvoir brisant*, et il explique la supériorité de celui-ci en remarquant que la détonation d'un explosif brisant peut comprimer adiabatiquement la sphère environnante de façon à l'échauffer assez pour que le mélange grisouteux s'enflamme; le danger sera d'autant plus grand, si à la chaleur de compression on s'ajoute celle des gaz de l'explosion, lorsqu'ils atteignent une température très élevée. De là résulte que, comme le montre le tableau ci-joint, les explosifs les plus sûrs sont les plus brisants et que le danger croît avec la charge, la pression développée sur le milieu ambiant augmentant avec la quantité de gaz produite par l'explosion.

M. Heise conclut en définitive de ses expériences qu'il ne faut pas se préoccuper exclusivement d'abaisser la température de détonation, ce qui ne peut être obtenu au détriment de la force de l'explosif, et qu'il convient, en restant dans des limites admissibles pour la tem-

pérature de détonation, d'abaisser autant que possible le pouvoir brisant.

La théorie de l'inflammation d'un mélange grisouteux par compression adiabatique n'appartient pas en propre à M. Heise : elle a été en effet nettement indiquée par l'un des membres de la Commission française, M. Le Châtelier, dans son ouvrage sur *le Grisou*, où il s'exprime en ces termes (p. 145) :

« Le travail de la détente d'un explosif détonant à l'air libre est dépensé au premier moment en produisant dans l'air ambiant une onde comprimée, qui se propage indéfiniment en s'amortissant progressivement par le fait de la production de chaleur résultant des remous de l'air.

« La chaleur est ainsi diffusée dans une masse infinie d'air, qui ne peut s'échauffer que d'une quantité insensible. Mais ce résultat final a été précédé, sur le passage de l'onde comprimée, d'un échauffement beaucoup plus considérable, qui dépasse certainement la température d'inflammation du grisou au voisinage de l'explosif, là où les pressions sont encore très considérables. Pour que l'inflammation ne se produise pas, il faut que la durée de compression en chaque point de l'air soit assez faible pour ne pas donner le temps à la combustion du gaz de commencer. Il est évident que ce temps est d'autant plus grand que la masse de l'explosif qui se détend est plus considérable. Les chances d'inflammation du grisou sont donc d'autant plus fortes que le poids de l'explosif est plus grand. »

C'est l'idée même exprimée par M. Heise, mais, en y ajoutant la notion du retard à l'inflammation, dont M. Heise paraît faire abstraction, et sans lequel on ne peut concevoir un explosif plus sûr qu'un autre.

On peut faire à la théorie du pouvoir brisant proposée par M. Heise de très sérieuses objections : MM. Wat-

ne et Denoël n'y ont pas manqué dans la remarquable discussion des résultats obtenus par M. Heise, qu'ils ont sentée dans leur *Note sur les explosifs de sûreté*(^{*)}. font remarquer en premier lieu que la classification de Heise est assez incertaine ; car il attribue théoriquement la même température de détonation à la dahménite vénéulente ou granulée, alors que, expérimentalement, on trouve des pouvoirs brisants très différents ; or il est fort possible que le mode de détonation soit également influencé par la différence d'état physique et que la température de détonation s'en trouve abaissée ; est-il dès lors bien rigoureux d'attribuer exclusivement à l'influence du pouvoir brisant l'accroissement de sécurité ? En second lieu, si c'est la compression seule de l'air qui amène l'explosion de l'atmosphère grisouteuse, on ne voit pas pourquoi l'accroissement de la charge diminue la sécurité, puisque cette compression dépend seulement de la tension maxima des gaz produits, qui, elle, est en rapport avec la densité de chargement et non avec la grandeur absolue de la charge. Enfin, en poussant à l'extrême la théorie de M. Heise, on arriverait à conclure que ce sont les explosifs les plus lents qui sont les plus sûrs, alors que, de tous les explosifs, c'est notoirement la poudre noire qui est le mieux le grisou.

Développant alors la théorie indiquée par M. Le Châtelier, MM. Watteyne et Denoël font observer qu'il faut compléter la notion de la compression adiabatique, seule indiquée par M. Heise, par celle du retard à l'inflammation, et ils proposent à la place de la théorie du pouvoir brisant, une théorie basée sur l'écart entre la durée du retard à l'inflammation et celle de la détente complète des gaz. « Il est évident, disent-ils, que la durée de détente des gaz produits par l'explosion est d'autant

« celle de la détente complète des gaz produits par l'unité
« de poids ».

Nous nous associons pleinement aux critiques adressées MM. Watteyne et Denoël à la théorie trop exclusive M. Heise (*), et nous estimons avec eux que les conditions d'où dépend la sécurité des explosifs sont très complexes; mais, pour les motifs que nous allons exposer ci-dessous, nous ne croyons pas que la recherche de la charge limite de sécurité conduise à des résultats plus dignes de confiance que la classification d'après les températures de détonation.

CONCLUSIONS.

L'exposé que nous venons de faire des travaux et des recherches poursuivies à l'étranger, en Belgique, en Angleterre, en Autriche et en Allemagne, montre en définitive qu'il y a, dans ces pays, une tendance très nette à substituer à la formule française, dont on reconnaît d'ailleurs très grande valeur, une méthode purement expérimentale, ayant pour but de déterminer par des essais statistiques la *charge limite* d'un explosif déterminé.

Y a-t-il un réel intérêt à renoncer à la classification si ancienne de notre réglementation, et de procéder à une révision de nos explosifs de sûreté, dont la sécurité n'a pas été appréciée, par exemple comme en Angleterre, par le *test of species* au moyen d'essais ayant pour but de fixer la charge limite dans des conditions déterminées? Nous ne le croyons pas, et c'est du rapprochement de toutes les données, rappelées dans cette Note, que découle notre conviction.

*) Nous y ajouterons cette objection que les poids d'explosifs ayant servi à la détermination du pouvoir brisant sont très faibles (9^{gr},33 à 36) par rapport au poids du fulminate (2 grammes) servant à les faire détoner, ce qui peut altérer singulièrement le mode de détonation que donnent en pratique dans les coups de mine ordinaires les explosifs considérés.

l'air libre dans les expériences faites à Sevrans-Livry par la Commission française avec des charges de 200 grammes, probablement à cause de la différence de capacité des chambres d'expériences ($1^{\text{m}^3},750$ à Liévin, 10 mètres cubes à Sevrans-Livry). La charge limite dépend donc essentiellement de l'appareil employé et varie fortement avec les dimensions de celui-ci; rien ne permet d'ailleurs de déterminer *a priori* quel est celui qui réalise le plus fidèlement les conditions les plus défavorables de la pratique, conditions qui doivent changer d'une mine à l'autre, d'un chantier à un autre chantier.

Sur le troisième point, les expériences de M. Heise prouvent, d'une façon qui paraît très sérieuse, que les résultats donnés par un explosif de même composition varient du tout au tout suivant le mode de fabrication: si, en effet, la dahménite A est granulée au lieu d'être pulvérulente, d'explosif médiocre elle se transforme en un explosif très sûr; or comment répondre que, dans une même fabrique, d'une année à l'autre, et à plus forte raison dans deux usines différentes, l'état physique des matières explosives livrées à l'exploitant de mines sera identique, et n'est-il pas extrêmement probable (sans aller jusqu'aux différences constatées pour la dahménite, dont la charge limite à l'air libre passe du simple au décuple suivant cet état) que des explosifs de même composition auront des charges limites très différentes, suivant leur provenance?

En somme, les nombreux essais entrepris à la suite des travaux de la Commission française ont tous vérifié les faits *certaines* établis par celles-ci, notamment cette observation capitale qu'un explosif ne peut être qualifié de *sécurité* qu'à la condition d'avoir une température de détonation inférieure à 2.200° . Ils ont accru la liste des explosifs qu'on peut faire rentrer dans cette catégorie, mais n'autorisent pas à penser que certains des mélanges

NOTE
SUR
LE SYSTÈME D'ENCLENCHEMENTS
PAR SERRURES BOURÉ

Par M. L. JANET, Ingénieur au Corps des Mines.

L'application courante des enclenchements à l'exploitation des chemins de fer a été une des principales améliorations apportées, depuis une vingtaine d'années, à la sécurité de la circulation des trains.

Le système le plus généralement adopté a été celui de la concentration des leviers des aiguilles et signaux dans des postes (types Saxby, Vignier, etc.), où des liaisons mécaniques sont établies entre eux. L'électricité a permis, de son côté, de réaliser des enclenchements à toute distance.

Mais, par suite de leur prix élevé, ces appareils n'ont pu être appliqués, jusqu'à présent, qu'aux gares importantes et aux bifurcations.

En outre, lorsque la fréquence des manœuvres ne justifie pas la présence permanente d'un agent au poste, la concentration des leviers a l'inconvénient, ou d'obliger un agent à faire continuellement la navette entre les voies où s'effectuent les manœuvres et le poste d'enclenchements où sont concentrés les leviers, ou d'imposer un agent de plus à la gare, uniquement à cause des rares manœuvres qui s'y font, et d'entraîner, en outre, dans ce dernier cas, l'établissement d'appareils de correspondance (sonneries par exemple), pour demander à distance la manœuvre des leviers du poste.

On a alors imaginé des serrures de diverses natures, placées sur les leviers de signaux et sur les leviers d'aiguilles ou sur les taquets. Elles établissent des liaisons telles que les mouvements sur les appareils de voie ne puissent avoir lieu que si les signaux qui protègent ces mouvements ont été mis préalablement à l'arrêt, et que, réciproquement, la manœuvre de ces appareils enclenche à l'arrêt les signaux correspondants.

Lorsque les aiguilles sont éloignées des leviers de manœuvre des signaux, l'obligation d'aller chercher la clef sur le levier du disque pour la porter à l'aiguille, et *vice versa*, constitue un sérieux inconvénient, et l'on emploie, de préférence, des serrures électriques où la solidarité est obtenue au moyen de courants agissant à distance.

Mais, bien que ces serrures soient plus économiques que la concentration des leviers, qui exige le plus souvent l'emploi de transmissions rigides pour la manœuvre des aiguilles, elles ne peuvent pas être considérées comme constituant une solution définitive pour les petites gares. En effet, d'une part, elles sont encore d'un prix relativement élevé, d'autre part, elles ne permettent guère que la réalisation d'enclenchements binaires simples.

Aussi, jusqu'à ces dernières années, les petites gares étaient-elles complètement dépourvues d'enclenchements; on y suppléait, il est vrai, dans une certaine mesure, par l'emploi, pour les aiguilles intéressant les voies principales, de contrepoids fixes ou à cheville cadénassée, mais ces deux systèmes ont leurs inconvénients.

Pour manœuvrer sur une aiguille à contrepoids fixe, il faut qu'un homme maintienne le contrepoids soulevé. Si, pendant que les véhicules passent sur l'aiguille, l'homme, pour une cause quelconque, lâche le contrepoids, un déraillement s'ensuit fatalement.

Avec le contrepoids à cheville cadénassée il arrive fré-

quemment qu'après une manœuvre l'aiguille est abandonnée, sans être recadenassée, dans une position où elle donne accès aux voies principales, et la sécurité qu'elle assure n'est guère plus grande que celle que l'on obtient avec une aiguille munie du contrepoids ordinaire.

Aussi trouve-t-on encore beaucoup d'aiguilles à contrepoids ordinaire, munies simplement d'un système de cadénassage consistant à rendre impossible la manœuvre de l'aiguille sans que l'on ait dégagé le levier, qui est maintenu par une chaîne fermée elle-même par un cadenas. Après chaque manœuvre de l'aiguille la clef du cadenas est remise au chef de gare ou au stationnaire quand l'aiguille est cadénassée dans sa position normale. Dans ces conditions, l'agent chargé de la manœuvre des signaux peut savoir, à tout instant, si des manœuvres engagent des voies principales.

Ce système de cadénassage était appliqué avec une rigueur aussi grande que possible sur le réseau Paris-Lyon-Méditerranée. Les cadenas des aiguilles et taquets défendant l'accès d'une voie principale s'ouvraient tous avec une même clef, et cette clef était entre les mains de l'agent chargé de la manœuvre des signaux, qui avait la consigne *de ne s'en dessaisir qu'après avoir mis à l'arrêt les signaux de la voie principale, et de maintenir ces signaux à l'arrêt, tant que la clef ne lui serait pas rendue* ; d'autre part, l'agent employant la clef avait la consigne *de ne la rendre à l'agent chargé de la manœuvre des signaux qu'après que la voie principale était dégagée, et les aiguilles et taquets recadenassés dans leur position normale*.

Mais de nombreux accidents sont venus démontrer l'imperfection du système, et malheureusement aucun contrôle, en dehors de la visite des appareils sur place, ne peut révéler la faute commise par l'aiguilleur qui remet la clef au chef de service sans avoir fermé le cade-

nas ou même sans avoir mis ni la chaîne, ni le cadenas en place.

Il existait donc réellement une lacune à combler; il semble qu'elle le soit aujourd'hui, grâce aux appareils imaginés par M. Bouré, Inspecteur principal adjoint à la Compagnie des chemins de fer Paris-Lyon-Méditerranée. C'est la description de ces ingénieux appareils qui est le but de la présente note.

Nous avons été amené à les étudier comme Ingénieur du contrôle de la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée, et avons pu, grâce au bienveillant accueil des autres administrations de chemins de fer, nous tenir au courant des résultats de leurs applications sur l'ensemble du réseau français. Il nous a paru qu'il n'était pas sans intérêt de les faire connaître.

BUT DES APPAREILS.

Les appareils imaginés par M. Bouré rendent, pour ainsi dire, matériellement obligatoire l'application des consignes de cadenassage, en sorte que :

1° Pour donner la clef d'une aiguille ou d'un taquet, l'agent chargé de la manœuvre des signaux est matériellement obligé de mettre préalablement à l'arrêt tous les signaux utiles ;

2° Il est matériellement impossible d'effacer les signaux, tant que la clef n'est pas rapportée au poste de manœuvre ;

3° Il est matériellement impossible de rapporter cette clef, avant d'avoir remplacé l'aiguille ou le taquet dans sa position normale et de l'avoir assujéti dans cette position.

Les trois parties de ce problème ont été résolues en munissant les leviers et taquets de serrures spéciales qui remplacent les cadenas actuels.

E SUR LE SYSTÈME D'ENCLÈCHEMENTS

Le nombre des leviers à enclencher est important. Ils sont réunies dans une serrure centrale qui agit entre elles, et par suite entre les leviers, comme dans les relations qu'un Saxby ou un Vignier.

Malgré un très petit nombre de leviers, on peut passer de serrure centrale, en plaçant sur les leviers des serrures à clefs multiples.

DESCRIPTION DU SYSTÈME D'ENCLÈCHEMENT.

Chaque levier est muni d'un taquet ou tout autre appareil qui agit sur une des deux positions extrêmes qu'il peut occuper, réalisé au moyen d'une chaîne de longueur déterminée, reliée à un point fixe, et qui empêche qu'on change le levier de la position voulue.

Une chaîne est fixée à une extrémité et porte à l'autre un crochet qui permet de l'attacher au levier. Les fig. 1 et 2 de la Planche VII indiquent un levier L. Dans ces conditions ; la chaîne H est fixée, par son bout I, à la traverse sur laquelle est monté le levier. Elle se s'attache à ce levier au moyen de l'agrafe G, rivée sur l'armature R, rivée au levier.

Les fig. 3, 4 et 5, et séparées sur les fig. 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306, 307, 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 320, 321, 322, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 340, 341, 342, 343, 344, 345, 346, 347, 348, 349, 350, 351, 352, 353, 354, 355, 356, 357, 358, 359, 360, 361, 362, 363, 364, 365, 366, 367, 368, 369, 370, 371, 372, 373, 374, 375, 376, 377, 378, 379, 380, 381, 382, 383, 384, 385, 386, 387, 388, 389, 390, 391, 392, 393, 394, 395, 396, 397, 398, 399, 400, 401, 402, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 410, 411, 412, 413, 414, 415, 416, 417, 418, 419, 420, 421, 422, 423, 424, 425, 426, 427, 428, 429, 430, 431, 432, 433, 434, 435, 436, 437, 438, 439, 440, 441, 442, 443, 444, 445, 446, 447, 448, 449, 450, 451, 452, 453, 454, 455, 456, 457, 458, 459, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 466, 467, 468, 469, 470, 471, 472, 473, 474, 475, 476, 477, 478, 479, 480, 481, 482, 483, 484, 485, 486, 487, 488, 489, 490, 491, 492, 493, 494, 495, 496, 497, 498, 499, 500, 501, 502, 503, 504, 505, 506, 507, 508, 509, 510, 511, 512, 513, 514, 515, 516, 517, 518, 519, 520, 521, 522, 523, 524, 525, 526, 527, 528, 529, 530, 531, 532, 533, 534, 535, 536, 537, 538, 539, 540, 541, 542, 543, 544, 545, 546, 547, 548, 549, 550, 551, 552, 553, 554, 555, 556, 557, 558, 559, 560, 561, 562, 563, 564, 565, 566, 567, 568, 569, 570, 571, 572, 573, 574, 575, 576, 577, 578, 579, 580, 581, 582, 583, 584, 585, 586, 587, 588, 589, 590, 591, 592, 593, 594, 595, 596, 597, 598, 599, 600, 601, 602, 603, 604, 605, 606, 607, 608, 609, 610, 611, 612, 613, 614, 615, 616, 617, 618, 619, 620, 621, 622, 623, 624, 625, 626, 627, 628, 629, 630, 631, 632, 633, 634, 635, 636, 637, 638, 639, 640, 641, 642, 643, 644, 645, 646, 647, 648, 649, 650, 651, 652, 653, 654, 655, 656, 657, 658, 659, 660, 661, 662, 663, 664, 665, 666, 667, 668, 669, 670, 671, 672, 673, 674, 675, 676, 677, 678, 679, 680, 681, 682, 683, 684, 685, 686, 687, 688, 689, 690, 691, 692, 693, 694, 695, 696, 697, 698, 699, 700, 701, 702, 703, 704, 705, 706, 707, 708, 709, 710, 711, 712, 713, 714, 715, 716, 717, 718, 719, 720, 721, 722, 723, 724, 725, 726, 727, 728, 729, 730, 731, 732, 733, 734, 735, 736, 737, 738, 739, 740, 741, 742, 743, 744, 745, 746, 747, 748, 749, 750, 751, 752, 753, 754, 755, 756, 757, 758, 759, 760, 761, 762, 763, 764, 765, 766, 767, 768, 769, 770, 771, 772, 773, 774, 775, 776, 777, 778, 779, 780, 781, 782, 783, 784, 785, 786, 787, 788, 789, 790, 791, 792, 793, 794, 795, 796, 797, 798, 799, 800, 801, 802, 803, 804, 805, 806, 807, 808, 809, 810, 811, 812, 813, 814, 815, 816, 817, 818, 819, 820, 821, 822, 823, 824, 825, 826, 827, 828, 829, 830, 831, 832, 833, 834, 835, 836, 837, 838, 839, 840, 841, 842, 843, 844, 845, 846, 847, 848, 849, 850, 851, 852, 853, 854, 855, 856, 857, 858, 859, 860, 861, 862, 863, 864, 865, 866, 867, 868, 869, 870, 871, 872, 873, 874, 875, 876, 877, 878, 879, 880, 881, 882, 883, 884, 885, 886, 887, 888, 889, 890, 891, 892, 893, 894, 895, 896, 897, 898, 899, 900, 901, 902, 903, 904, 905, 906, 907, 908, 909, 910, 911, 912, 913, 914, 915, 916, 917, 918, 919, 920, 921, 922, 923, 924, 925, 926, 927, 928, 929, 930, 931, 932, 933, 934, 935, 936, 937, 938, 939, 940, 941, 942, 943, 944, 945, 946, 947, 948, 949, 950, 951, 952, 953, 954, 955, 956, 957, 958, 959, 960, 961, 962, 963, 964, 965, 966, 967, 968, 969, 970, 971, 972, 973, 974, 975, 976, 977, 978, 979, 980, 981, 982, 983, 984, 985, 986, 987, 988, 989, 990, 991, 992, 993, 994, 995, 996, 997, 998, 999, 1000.

L'armature R (fig. 6 à 8), rivée au levier L, possède des creux ou mortaises *m* et porte une clef K qui glisse longitudinalement dans son logement, de sorte qu'à volonté son panneton à l'intérieur ou à l'extérieur de l'armature ; mais l'ergot *q* s'oppose à son déplacement.

L'agrafe G (fig. 9 à 11) consiste en une plaque *p* perpendiculaire au levier, et porte deux tenons, *t*, recourbés à angle droit à l'extrémité *n*. Sur la plaque *p*, du côté opposé aux tenons, se trouve fixée une serrure S à laquelle peut,

comme nous allons le voir, s'adapter la clef K de l'armature, par une entrée située au droit de l'ouverture *a* (*fig. 10*), ménagée dans la plaque *p*.

En amenant l'agrafe G (*fig. 9*) en regard de l'armature R (*fig. 7*), après avoir déplacé la clef K de droite à gauche pour la faire rentrer complètement dans l'armature, on peut faire pénétrer les tenons *t* dans les mortaises *m* de l'armature, de façon que la plaque *p* s'applique contre cette armature, puis déplacer l'agrafe G dans le sens des flèches de la *fig. 5*, de manière à faire prendre aux tenons *t*, dans les fenêtres *m*, la position indiquée par cette *fig. 5*. L'entrée *a* (*fig. 10*) se trouve alors en regard de la clef K, et celle-ci peut pénétrer dans la serrure S, en traversant la plaque *p*.

Lorsque la clef K est dans la serrure S, elle s'oppose au glissement de la plaque *p* dans le sens inverse de celui des flèches de la *fig. 5*; on ne peut donc ramener les appendices *n* en regard des fenêtres *m*, et il devient impossible de séparer l'agrafe G de l'armature R.

Ainsi, tant que la clef K est dans la serrure S, la chaîne H se trouve *nécessairement* fixée au levier L. Pour que le levier L soit enclenché dans la position considérée, il suffit donc qu'on ne puisse retirer la clef K de la serrure S.

On obtient ce résultat au moyen d'une seconde clef C (*fig. 3, 5, 9 et 11*), qui s'adapte à la serrure S, du côté opposé à l'agrafe G.

La serrure S établit entre les deux clefs K et C, ainsi que nous allons le voir, une solidarité telle que, *quand l'une de ces clefs est retirée de la serrure, l'autre y est nécessairement emprisonnée*.

Il résulte donc de ce qui précède :

1° Que le levier L sera enclenché quand la clef C sera retirée de la serrure S (puisque la clef K y sera alors prisonnière);

4 NOTE SUR LE SYSTÈME D'ENCLÈCHEMENTS

2° Que lorsque le levier L sera écarté de la position dans laquelle il peut être enclenché (ce qui ne peut avoir lieu que si la clef K est retirée de la serrure), la clef C sera prisonnière dans la serrure S.

La *fig. 12* représente le mécanisme intérieur de la serrure S, couvercle enlevé, et les *fig. 13* et *14* représentent ce couvercle.

Lorsque la serrure S est fixée à l'agrafe G, le couvercle se trouve contre cette agrafe.

Dans cette serrure, les clefs K et C actionnent chacune un pêne, et le mécanisme correspondant à chacune est celui de la serrure ordinaire.

Les deux pènes P et Q, actionnés respectivement par les clefs K et C, sont disposés à angle droit (*fig. 12*). Dans la partie où ils se croisent, leur épaisseur est réduite moitié.

Le mouvement de rotation des clefs est limité, pour la clef K par l'arrêt *d*, et pour la clef C par l'arrêt *e*.

Le pêne P possède une encoche *g*, dans laquelle peut pénétrer le taquet *h* du pêne Q.

La *fig. 12* représente le pêne P dans la position qu'il occupe lorsque la clef K est retirée de la serrure ; le pêne Q ne peut alors se mouvoir de haut en bas, car l'encoche *g* n'est pas en regard du taquet *h*, et ce taquet bute, par conséquent, contre le pêne P. Il en résulte que la clef correspondante C se trouve emprisonnée dans la serrure ;

le panneton ne peut être amené, en effet, en regard de l'ouverture *b* par laquelle il peut sortir, puisque, si l'on aie de faire tourner la clef dans l'un ou l'autre sens, le panneton est arrêté, d'un côté, par l'une des barbes du pêne Q (qui ne peut se mouvoir), de l'autre, par l'arrêt *e*. Ainsi, lorsque la clef K est retirée de la serrure S (elle peut en être retirée), la clef C s'y trouve nécessairement emprisonnée.

Si, au contraire, la clef K se trouvant dans la serrure S,

NOTE SUR LE SYSTÈME D'ENCLENCHEMENTS

guille défend l'accès des voies principales (aiguille G) assure la continuité de ces voies principales (aiguilles C, E, I);

;) Enfin chaque taquet d'arrêt dans la position dans laquelle il interdit l'accès des voies principales.

Le programme des enclenchements à réaliser sera le suivant:

Aiguilles prises en talon sur les voies principales et donnant accès à des voies de service qui ne rencontrent nulle part ailleurs les voies principales. — Ces aiguilles F, I et K sont protégées par des taquets *t*, ou mieux par une aiguille donnant accès à une voie de sécurité en impasse, lorsqu'il s'agit de voies de manœuvre, par un signal d'arrêt *j*, lorsqu'il s'agit d'une voie de garage. Tous ces appareils doivent être enclenchés avec les signaux correspondant à la voie principale sur laquelle l'aiguille est placée.

Aiguilles prises en talon sur une voie principale et donnant accès à des voies de service qui traversent ou rejoignent une autre voie principale. — C'est le cas de la jonction CD des voies principales, et de l'aiguille E protégée par des taquets *t*; tous ces appareils doivent être enclenchés avec les signaux des deux voies principales.

Traversées d'équerre. — Dans le cas d'une traversée telle que AB, dont l'accès est donné par une série de plaques tournantes, il arrive souvent qu'un wagon tourné sur les voies voisines des voies principales engage celles-ci. On munit alors chacune de ces plaques d'un taquet s'opposant, dans sa position normale, à leur rotation. Lorsqu'il y a d'autres plaques au delà, un taquet doit de plus être inséré sur la voie d'équerre de manière à empêcher un véhicule tourné sur ces plaques de venir engager les voies principales. Ces appareils doivent être enclenchés avec les signaux des deux voies principales.

Appelons comme suit la serrure de chacune des différentes agrafes et celle de ses clefs que nous avons désignées précédemment par la lettre C.

Serrure α adaptée aux agrafes des signaux s'adressant
à la voie 1..... Clef α
(Clef C de la serrure α)

Serrure β adaptée aux agrafes des signaux s'adressant
à la voie 2..... Clef β

Serrure γ des appareils commandant l'accès de la voie 1. Clef γ
— δ — — 2. Clef δ
— ϵ — — des voies 1 et 2. Clef ϵ

Pour réaliser entre les différents leviers ou taquets les enclenchements nécessaires en vue d'empêcher toute collision entre les trains en circulation et les manœuvres exécutées en gare, on disposera, à côté des leviers de signaux, une serrure spéciale, que nous appellerons serrure centrale, à laquelle s'adapteront les différentes clefs α , β , γ , δ et ϵ , et dans laquelle

Les clefs α seront conjuguées avec les clefs γ et ϵ
— β — δ et ϵ

La solidarité étant ainsi établie par la serrure centrale entre les différentes clefs, on voit que, dans l'exemple de la gare considérée, il faut, pour assurer le jeu du système, disposer de :

2 clefs α 2 clefs β 4 clefs γ 4 clefs δ 8 clefs ϵ .

Ces chiffres sont des maxima et peuvent souvent être réduits. Si, par exemple, on ne désire ouvrir à la fois qu'un seul taquet des voies 3, 5, 7, voisines de l'aiguille K, deux clefs γ suffiront. Si l'on admet que l'on ne manœuvrera jamais à la fois sur l'aiguille F donnant accès à la voie de service 4 et sur l'aiguille I donnant accès à la voie du garage 6, on n'aura besoin que de deux clefs δ . Si, lorsque l'on utilise l'aiguille E, on ne veut

abattre à la fois qu'un seul des taquets installés au voisinage sur les voies 3 et 5, et que l'on renonce à manœuvrer en même temps sur la jonction CD et sur la traversée AB, il suffira de deux clefs α . Les chiffres minima seront dès lors :

2 clefs α 2 clefs β 2 clefs γ 2 clefs δ 2 clefs ϵ .

On peut donc, soit laisser à la station la libre disposition simultanée de toutes les aiguilles et de tous les taquets (sous la seule condition que les clefs des signaux couvrant la ou les voies que ces appareils permettent d'engager soient emprisonnées dans la serrure centrale), soit restreindre au minimum le nombre des clefs d'aiguilles et taquets pouvant être extraits de la serrure centrale. La première solution a l'inconvénient d'exiger un temps trop long pour obtenir l'ouverture des signaux, lorsque toutes les clefs sont dehors, ce qui peut occasionner des retards aux trains. Dans le second cas, l'impossibilité de manœuvrer plusieurs appareils à la fois peut constituer une sujétion fâcheuse; on évite, il est vrai, le danger de collision entre manœuvres différentes, mais cette considération n'est guère à retenir dans les petites gares. En somme, dans chaque cas particulier, ce sera une question d'espèce, et l'on sera souvent conduit à adopter une solution intermédiaire.

Deux clefs sont conjuguées entre elles dans la serrure centrale de la même manière que le sont les clefs K et C dans la serrure représentée dans la *fig. 12*.

Considérons, par exemple, dans la serrure centrale (*fig. 1 et 2, Pl. VIII*) les clefs α et γ .

Dans la position des organes représentée par la *fig. 2*, les clefs α peuvent être retirées de la serrure centrale. Les taquets f des pènes, actionnés par ces clefs, se trouvent en regard des taquets h des pènes actionnés par les clefs γ ; ces derniers pènes ne peuvent, par suite, se mouvoir, et, conséquemment, les clefs γ sont emprisonnées dans la

PAR SERRURES BOURÉ

serrure centrale ; les pannetons de ces clefs en effet, être amenés en face des ouvertures ils peuvent sortir ; car, si l'on essaie de les ils sont arrêtés, d'un côté, par les arrêts e , l'une des barbes r du pène correspondant.

Ainsi, quand une des clefs α est retirée (retirée) de la serrure centrale, toutes les nécessairement emprisonnées.

Inversement, si l'on tourne les clefs α de centrale (dans le sens d'une aiguille d'une pènes qu'elles actionnent se déplacent de d et leurs taquets f ne se trouvent plus en r et taquets h des pènes actionnés par les clefs γ ; alors sur l'une quelconque de ces clefs γ , on son pène de haut en bas ; les taquets h pa des taquets f , et on peut retirer de la serrure la clef γ considérée. Mais alors les clefs α sont emprisonnées dans cette serrure, car, si l'on essaie de tourner, leurs pannetons rencontrent, d'un côté, de l'autre, l'une des barbes s du pène c qui ne peut se déplacer, puisque l'un de ses pans s'appuie à droite contre le taquet h du pène de la serrure déverrouillée.

La *fig. 2* montre qu'il en est, pour les serrures comme pour les clefs α et γ .

Donc, quand une clef γ ou ε est retirée de la serrure centrale, toutes les clefs α y sont emprisonnées.

Les clefs α sont donc conjuguées avec les clefs γ et ε .

Les clefs β sont de même conjuguées avec les clefs γ et ε .

Les clefs α , β , γ , δ et ε doivent différer les une des autres et différer de la clef fixe K , qui est la même pour toutes les armatures. La *fig. 3* indique les formes que l'on peut donner à ces clefs. Ce sont celles en usage sur le réseau.

Normalement, les leviers des signaux des voies principales sont libres.

Les clefs α et β sont donc emprisonnées dans les serrures de ces leviers, et, par suite, les clefs γ , δ et ϵ sont emprisonnées dans la serrure centrale.

S'il s'agit, par exemple, de faire passer des véhicules de la voie 3 à la voie 4, ou *vice versa*, par la transversale AB (*fig.* 15, Pl. VII), on mettra les signaux des voies 1 et 2 à l'arrêt (s'ils n'y sont déjà), on retirera les clefs α et les clefs β de leurs serrures respectives, — enclenchant ainsi à l'arrêt ces signaux, — on les portera à la serrure centrale, on les y tournera et on pourra ensuite en retirer les clefs ϵ .

Ces clefs ϵ retirées, les clefs α et β se trouveront prisonnières dans la serrure centrale.

On portera ensuite deux clefs ϵ aux taquets de la transversale, on ouvrira leurs serrures et on renversera les taquets. Les taquets renversés, les clefs ϵ seront prisonnières dans leurs serrures.

Par suite, tant que la manœuvre engagera la transversale, les signaux des voies principales seront à l'arrêt.

La manœuvre terminée, on relèvera les taquets, on retirera les clefs ϵ de leurs serrures, — enclenchant ainsi ces taquets dans leurs positions normales; — on reportera ensuite les clefs ϵ à la serrure centrale et on y prendra les clefs α et β qu'on reportera aux serrures des leviers des signaux des voies principales pour libérer ces signaux.

Lorsqu'un levier enclenché se trouve très éloigné du point où est placé la serrure centrale, il peut y avoir intérêt à éviter d'avoir à transporter la clef entre ce point et le levier et *vice versa*.

Il suffit, pour cela, de disposer près de la serrure centrale un levier spécial M (*fig.* 4, Pl. VIII) et, près du levier enclenché L, un autre levier spécial N, et de relier ces

PAR SERRURES

deux leviers par un fil métallique l'un d'eux est horizontal, l'autre incliné.

Les leviers M et N peuvent être en position horizontale dans les mêmes leviers ordinaires.

La serrure du levier M a pour clé transporter (C), et la serrure identique à la clé C.

Lorsque la clé C est emprisonnée, le levier M est horizontal par conséquent, la clé C' est prise dans le levier N ; le levier L est donc

Lorsqu'un agent veut manœuvrer, il fait savoir, par un signe convenu, de la manœuvre des signaux si la serrure centrale la clé C, libère le levier N ; le levier N passe de position horizontale, et la clé C est prise dans la serrure et servir à libérer le levier L.

Tant que ce dernier est renversé dans sa serrure, le levier M est en position horizontale, le levier N est incliné, et la clé C est prise dans celui-ci.

La clé C' remplace ainsi la clé transporter cette dernière.

On voit, d'après cette description, que les leviers Bouré permettent facilement d'opérer les signaux avec les leviers d'aiguillage de service, de transversales et généralement tous les appareils d'accès aux voies principales. Elle est bien à l'enclenchement des leviers des passages à niveau avec les h

Le système d'enclenchements par serrures Bouré a été essayé pour la première fois, sur le réseau Paris-Lyon-Méditerranée en 1895, à la gare de Thomery (ligne de Paris à Marseille). Les premiers résultats ayant été satisfaisants, l'essai a été étendu à 22 gares du réseau, à raison de deux par section d'inspecteur principal. Puis le système a été adopté officiellement.

La Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée a décidé de placer tout d'abord des serrures Bouré dans toutes les gares des lignes pourvues du block-system; actuellement 183 de ces gares en sont munies; on étendra ensuite progressivement l'application de ces appareils à toutes les gares du réseau.

L'Administration des chemins de fer de l'État a décidé l'établissement de serrures dans toutes les gares franchies sans arrêt par des trains express. L'installation est presque terminée sur les lignes à double voie (32 gares); elle va se poursuivre immédiatement sur les lignes à voie unique; on étudiera ensuite la question de l'extension des appareils aux autres gares du réseau.

La Compagnie du Nord est allée encore plus vite dans l'application du système, et, à la date du 1^{er} janvier 1899, 275 gares avaient été enclenchées au moyen de serrures Bouré. Cette Compagnie a déjà appliqué ces serrures à toutes les gares des lignes à double voie de son réseau; elle en poursuit l'application sur les lignes à voie unique, en commençant par celles qui sont parcourues par des trains express.

Le Syndicat des Chemins de fer de Ceinture les a déjà fait installer dans 7 gares et va en faire l'application dans toutes les gares des deux Ceintures.

Les essais entrepris sur les Compagnies de l'Est et du Midi ont donné des résultats satisfaisants; mais aucun programme n'a encore été arrêté pour l'application des serrures.

La Compagnie de l'Ouest vient de décider de faire l'essai du système à la gare de courses de Maisons-Laffite et dans deux petites gares.

A l'Étranger, les essais entrepris sur un grand nombre de chemins de fer ont donné de bons résultats, et le réseau italien de la Méditerranée est déjà entré dans la période d'application courante.

Nous annexons à la présente Note un état indiquant, pour chaque réseau, à la date du 1^{er} janvier 1899, les gares munies de serrures Bouré, le nombre des serrures agencées par gare et le nombre de clefs de serrures centrales.







Presque toutes ces installations ont été faites dans de petites gares. Les serrures Bouré ont cependant été employées à la gare de Chantilly, affectée spécialement au service des courses. Étant donné que cette gare n'est utilisée que quelques jours par an, la dépense nécessaire pour l'installation d'enclenchements coûteux, par exemple du type Saxby, eût été tout à fait hors de proportion avec le but à atteindre. L'installation de ces serrures Bouré a fait l'objet d'un article très intéressant de M. Zimmerman, Inspecteur principal de l'Exploitation du chemin de fer du Nord, qui a paru dans la *Revue générale des Chemins de fer*, numéro de juillet 1897.

Nous renverrons à cet article pour l'étude du cas spécial qui s'est posé à Chantilly, et nous étudierons quelques exemples choisis parmi les petites gares.

RÉSEAU PARIS-LYON-MÉDITERRANÉE.

Gare de Bois-le-Roi (Ligne de Paris à Marseille).







Nous rappellerons que, sur le réseau Paris-Lyon-Méditerranée, le régime adopté est celui de la voie fermée, et que les signaux de chaque petite gare comprennent généralement deux disques avancés et deux sémaphores.

et des clefs correspondantes	(1/2 grande)		sont enclenchés	entre les différentes clefs
$(D_1 S_1)$		<i>Disque et bras sémaphorique (ou carré) de la voie 1, dans le cas où ces signaux protègent toutes les manœuvres engageant la voie 1.</i>	Arrêt	$(D_1 S_1)$ conjuguée avec 1, (1-2), (1-2) ₁ .
D_1		<i>Disque de la voie 1, dans le cas où le bras sémaphorique ne protège pas toutes les manœuvres engageant cette voie.</i>	Arrêt	D_1 conjuguée avec 1d, 1a, (1-2) ₁ et (1-2) ₂ , et, en outre, sur voie unique, avec (1-2).
S_1		<i>Bras sémaphorique de la voie 1, dans le cas où ce signal ne protège pas toutes les manœuvres engageant la voie 1.</i>	Arrêt	S_1 conjuguée avec 1a et (1-2) ₁ , et, en outre, sur voie unique, avec (1-2).
$(D_2 S_2)$		<i>Disque et bras sémaphorique (ou carré) de la voie 2, dans le cas où ces signaux protègent toutes les manœuvres engageant la voie 2.</i>	Arrêt	$(D_2 S_2)$ conjuguée avec 2, (1-2) ₁ et (1-2) ₂ .
D_2		<i>Disque de la voie 2, dans le cas où le bras sémaphorique ne protège pas toutes les manœuvres engageant cette voie.</i>	Arrêt	D_2 conjuguée avec 2d, 2a, (1-2) ₁ et (1-2) ₂ , et, en outre, sur voie unique, avec (1-2).
S_2		<i>Bras sémaphorique de la voie 2, dans le cas où ce signal ne protège pas toutes les manœuvres engageant la voie 2.</i>	Arrêt	S_2 conjuguée avec 2a et (1-2) ₁ , et, en outre, sur voie unique, avec (1-2).
		<i>Appareils qui commandent les manœuvres d'attente</i>	Position dans les clefs	

PAR SERRURES BO

1 ^{re} conjuguée avec D ₁	— d° —	Appareils qui commandent les manœuvres engageant la voie 1 protégées par le disque et la sémaphore, dans le cas où ce dernier ne protège pas toutes les manœuvres engageant la voie 1.
1 ^{re} conjuguée avec D ₁ et S ₁ .	— d° —	Appareils qui commandent les manœuvres engageant la voie 2, dans le cas où le disque et le sémaphore (ou carré) voie 2 protègent toutes les manœuvres engageant celle voie 2.
2 ^e conjuguée avec D ₂ .	Position dans laquelle l'appareil interdit l'accès de la voie 2	Appareils qui commandent les manœuvres engageant la voie 2 protégées par le disque seulement.
2 ^e conjuguée avec D ₂ .	— d° —	Appareils qui commandent les manœuvres engageant la voie 2, protégées par le disque et le sémaphore, dans le cas où ce dernier ne protège pas toutes les manœuvres engageant la voie 2.

NE SONT PAS EMPLOYÉS SUR LES LIGNES A VOIE UNIQUE

1 ^{re}		— d° —
1 ^{re}		— d° —
2		
2 ^e		— d° —
2 ^e		— d° —

Dans la position normale, les aiguilles sont disposées pour la continuité des voies principales, et les taquets sont dans la position d'arrêt.

Nous donnons ci-dessus (p. 314-315) la notation adoptée par la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée pour la désignation des enclenchements par serrures Bouré.

La *fig. 1*, Pl. IX, indique la disposition des voies et les signaux à la gare de Bois-le-Roi.

Les divers mouvements que l'on peut avoir à exécuter dans cette gare sont les suivants :

1° Entrée ou sortie du garage impair. — Cette manœuvre s'intéresse que la voie 1, et il est, par suite, suffisant de réaliser les enclenchements suivants :

<u>Disque 1R</u>	<u>Sémaphore 1R</u>
Taquet V. 3N	Taquet V. 3N

Il n'a pas semblé nécessaire d'enclencher l'aiguille de la voie 3.

2° Entrée ou sortie du garage pair. — La situation est tout à fait analogue, et il suffit, pour assurer la sécurité, de réaliser les enclenchements suivants :

<u>Disque 2R</u>	<u>Sémaphore 2R</u>
Taquet V. 4N	Taquet V. 4N

3° Manœuvre par la communication. — Une telle manœuvre engage les deux voies principales ; il est donc nécessaire d'enclencher la communication 1-2 avec les signaux des deux directions :

<u>Disque 1R</u>	<u>Sémaphore 1R</u>
Aiguilles 1, 2, N	Aiguilles 1, 2, N
<u>Disque 2R</u>	<u>Sémaphore 2R</u>
Aiguilles 1, 2, N	Aiguilles 1, 2, N

APPAREILS A MUNIR DE SERRURES BOURNÉ	N ^{OS} des serrures	NOMBRE DE SERRURES															CLEFS de la serrure centrale
		D ₁ S ₁	D ₁	S ₁	D ₂ S ₂	D ₂	S ₂	1	1 _d	1 _s	2	2 _d	2 _s	(1-2) ₁	(1-2) ₂		
Disque rouge V. 1.. .. .	D ₁ S ₁	1	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	2 clefs D ₁ S ₁	
Sémaphore impair d'entrée.....	D ₁ S ₁	1	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
Disque rouge V. 2.....	D ₂ S ₂	"	"	"	1	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	2 clefs D ₂ S ₂	
Sémaphore pair d'entrée.....	D ₂ S ₂	"	"	"	1	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
Taquet V. 3.....	1	"	"	"	"	"	"	1	"	"	"	"	"	"	"	1 clef 1	
Taquet V. 4.....	2	"	"	"	"	"	"	"	"	"	1	"	"	"	"	1 clef 2	
Aiguille de la communication (1-2).....	(1-2)	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	2	"	"	2 clefs (1-2)	
Taquet des plaques V. 3 et 4.....	(1-2)	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	2	"	"	"	
Appareil } Levier du poste de transmission { Levier de la transversale.	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	1	"	"	
	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	1	"	Cette serrure est une serr. à 2 clefs mobiles toutes 2, conjuguées avec la cl. fixe correspond.	
TOTAUX.		2	"	"	2	"	"	1	"	"	1	"	"	6	"	"	

La *fig. 3*, Pl. IX, indique la disposition des voies et des signaux à la station de Montigny-Beauchamps.

Ici il a été décidé de faire entrer dans les combinaisons d'enclenchements les aiguilles prises en talon sur les voies principales; dès lors, en laissant seulement de côté l'aiguille 2 et le taquet T_2 dont nous nous occuperons tout à l'heure, on voit que les enclenchements à réaliser sont les suivants :

	Disque 1, N
Aiguilles 1, 3, 5, 6, N + Taquets 1, 3, 4, N + Taquet plaque 1, N	
	Disque 1, N
Aiguilles 3, 4, 6, 8, N + Taquets 1, 4, N	

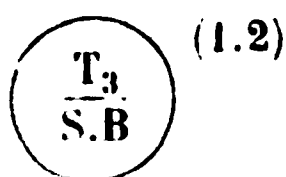
Il faut donc, pour tous ces appareils, une serrure D_1 , une serrure D_2 , 5 serrures 1, 2 serrures 2, 4 serrures (1-2.)

Pour pouvoir ouvrir les serrures de tous les leviers et taquets qu'on peut avoir à manœuvrer simultanément, il suffit de disposer à la serrure centrale d'une clef D^1 une clef D_2 , deux clefs 1, deux clefs 2, deux clefs (1-2).

Les notations abrégées employées sur la *fig. 3*, Pl. IX, pour la désignation des enclenchements ont la signification suivante :

Un cercle placé près d'un appareil avec la mention S. B. à l'intérieur, indique que cet appareil est enclenché par serrure Bouré. Le numéro placé à l'intérieur du cercle est celui de l'appareil, et le numéro placé à l'extérieur indique le type de la serrure.

Ainsi la notation



signifie que le taquet 3 est enclenché par une serrure Bouré (1-2.)

L'aiguille 2 et le taquet T_2 sont très éloignés du bâtiment principal; on aurait pu y appliquer le même appareil

Head 1 Drain number 1

une voie principale directe 2, une voie d'évitement 1 sur laquelle on ne reçoit les trains qu'en cas de croisement, et diverses voies de garage.

Les enclenchements à réaliser sont les suivants :

Disque 1R
Aiguilles 1, 3, 6, 8, N + Taquets 3, 4, 6, N
Disque 2R
Aiguilles 3, 6, 8, N + Taquets 3, 4, 6, N

Les aiguilles 4, 5 et 7, n'intéressant que des voies de manœuvre, n'entreront pas dans les combinaisons d'enclenchements.

Comme pour la manœuvre la plus compliquée, qui consiste à faire passer un véhicule de la voie de garage 3, sur une des voies de garage 4 ou 6, il suffit, les disques étant à l'arrêt, de libérer 4 appareils, l'aiguille 1, l'aiguille 2, l'aiguille 3 et le taquet des voies 4 et 5, le nombre des clefs 1-2 de la serrure centrale peut être limité à 4.

Une seule clef S_1 est disponible à la serrure centrale, de telle sorte qu'il est impossible d'ouvrir à la fois les signaux avancés des deux directions; on n'a dès lors pas à redouter de collision, en cas de croisement, si un des trains vient à dépasser l'aiguille de sortie de la gare. Mais il peut y avoir des difficultés pour les gares qui, retirées du service, sont traversées sans arrêt par des trains de nuit, et doivent alors avoir leurs deux signaux effacés à la fois. Pour permettre, la nuit, le libre passage des trains, sans renoncer, pendant la journée, à la garantie de l'enclenchement des signaux, on confie une seconde clef au chef de gare, qui doit la conserver lui-même, et n'en faire usage que pour retirer la gare du service.

Le programme de l'installation est résumé dans le tableau ci-dessous :

Cette station comprend une voie principale directe, à l'opposé du bâtiment des voyageurs, pour le passage des express, une voie principale déviée, le long du bâtiment des voyageurs, sur laquelle on reçoit, pour faciliter le service, les trains omnibus des deux sens. Lorsque deux trains doivent se croiser, chacun d'eux est, en principe, dirigé sur la voie de gauche, mais, lorsque l'un d'eux est un express, et l'autre un train omnibus, il y a intérêt à amener ce dernier à côté du bâtiment des voyageurs, en sorte que l'on peut être conduit à diriger chaque train sur la voie de droite.

Deux aiguilles placées sur la voie principale déviée donnent accès aux voies de garage.

La station est protégée par deux disques à distance, et deux disques de ralentissement à 3 kilomètres, qui sont fermés quand l'aiguille de dédoublement qu'ils protègent est faite pour la voie déviée.

Le croquis de la disposition des voies et signaux (Voir *fig. 7*, Pl. IX) indique deux électro-sémaphores qui ne sont pas encore installés en réalité ; ils doivent servir de signaux de block-system de voie unique.

Nous n'avons rien de particulier à signaler pour la protection des voies principales ; comme dans l'exemple précédent, les appareils permettant d'engager ces voies sont conjugués avec les deux disques à distance.

Aiguilles de débloublement de la voie unique. — Le levier des signaux de ralentissement manœuvre en même temps le verrou de l'aiguille de dédoublement correspondante, qui ne peut d'ailleurs être lancé que lorsque l'aiguille donne la voie directe, la tringle d'écartement de ces aiguilles n'ayant qu'un trou correspondant à cette direction. Pour le passage des express, les deux aiguilles sont faites pour la voie directe, et les disques de ralentissement sont effacés.

$C_1(I) + \frac{1''}{C_1(I)}$ est une serrure placée sur la cheville de l'aiguille 1 pour la direction de la voie I; on peut l'ouvrir avec une clef $C_1(I)$, et cette ouverture de la serrure dégagera la clef $1''$; on ne pourra refermer la serrure en question avec la clef $C_1(I)$, qui est prisonnière, que quand la clef $1''$ aura été rapportée à sa place sur la serrure.

$C_1(II) + \frac{1''}{C_1(II)}$ est une serrure analogue placée sur la cheville de l'aiguille I, pour la direction de la voie II.

Les clefs V_1 , B_1 , $C_1(I)$, $C_1(II)$ vont à la serrure centrale (Voir *fig.* 8, Pl. IX), dans les cases qui leur sont respectivement réservées, les unes au-dessous des autres, dans une même colonne verticale correspondant à chaque aiguille.

Il n'y a qu'une seule clef auxiliaire $1''$ pour les quatre jeux de serrures.

Supposons qu'on veuille disposer l'aiguille pour le passage d'un train express : on place la clef $1''$ sur la serrure $1''$ correspondant au verrou ; il en résulte que le boulon n'est pas fixé, et que les chevilles pour la gauche et la droite ne sont pas cadénassées.

La serrure $1''$ du verrou dégagé est alors ouverte, et le verrou devenu libre peut être lancé, si l'aiguille 1 est faite pour la voie directe. On l'immobilise dans cette position « lancé » par la serrure V_1 , et la clef V_1 peut être rapportée à la serrure centrale dans la case *ad hoc* de la colonne verticale correspondant à l'aiguille I.

On ne peut apporter que cette clef V_1 correspondant à l'aiguille 1 ; car, la clef $1''$ étant unique, on ne peut agir que sur un jeu de serrures à la fois, pour l'aiguille 1.

Le transport, à la serrure centrale, de cette clef V_1 est donc la manifestation matérielle de la position de l'aiguille 1 et de son mode d'immobilisation.

PAR SERRURES BOUR

On agira de même pour l'autre aiguille (8).

Les enclenchements sont tels, dans que les clefs des disques à distance nées, pour la mise à voie libre de ces deux clefs caractéristiques du régime de dédoublement sont sur une même ment dit, que s'il y a concordance en ces deux aiguilles.

Une fois les clefs V_1 et V_k en place, voie libre les deux disques à distance, pour le passage de l'express attendu.

Tant que les signaux restent à voie possible de modifier le régime des aiguilles.

Si, par erreur, deux agents apportent des clefs correspondantes différentes, il ne serait pas possible d'avancés, et un train survenant s'arrêterait à l'aiguille, sans qu'il y ait d'accident.

Aiguilles donnant accès aux voies de garage immobilisées dans leur position normale de calage claveté. Les enclenchements que la clavette de ce boulon est fixée à une serrure, et qu'on ne peut ouvrir sans faire une manœuvre par exemple, qui arrête les deux disques à distance de

Comme une aiguille ainsi boulonnée, il faut, avant d'effectuer la manœuvre, d'enlever la clavette du boulon, ce qui est rendu nécessaire par l'enclenchement à immobiliser, par une seconde serrure.

La fermeture de cette seconde serrure

ment la clef indispensable pour ouvrir le taquet qui protège, en talon, l'aiguille boulonnée.

Pour manœuvrer sur une aiguille telle que 2, il faut, en outre, rendre talonnable l'aiguille 1, et pour cela on emploie une serrure auxiliaire du type général 1^{re}.

Les enclenchements de l'aiguille 2 s'écrivent :

$$\left(\frac{B_2}{S.B} \right) \begin{array}{l} \text{Boulon fixe 1^{re};} \\ \text{Boulon dégagé } B_2; \end{array}$$

ce qui doit se lire :

L'aiguille 2 est enclenchée par l'intermédiaire de son boulon, lequel est maintenu dans la position fixée par une serrure 1^{re}, et dans la position dégagée par une serrure B_2 (serrure du boulon de l'aiguille 2).

Les enclenchements du taquet correspondant s'écrivent :

$$\left(\frac{T_2}{S.B} \right) (B_2)$$

ce qui veut dire que le taquet 2 est enclenché par une serrure B_2 , c'est-à-dire ayant la même clef que celle qui immobilise le boulon dégagé de l'aiguille 2.

En d'autres termes, pour abaisser le taquet, l'enclenchement exige que l'on ait préalablement déboulonné l'aiguille 2. Or on n'a pu déboulonner celle-ci qu'en employant la clef unique 1^{re}, qui va sur le jeu de serrures de l'aiguille 1 ; on a alors l'assurance que le verrou et le boulon de cette dernière aiguille 6 sont dégagés, et qu'en conséquence elle est rendue talonnable.

Comme les manœuvres faites sur l'aiguille 6 n'engagent pas, en talon, l'aiguille 8, on a employé, au lieu d'une serrure 1^{re}, une serrure du type Nord (1-2). Les enclenchements de l'aiguille 6 et du taquet 6 sont représentés

souplesse dont le système est susceptible, lorsqu'il s'agit d'assurer des liaisons entre les organes les plus divers.

RÉSULTATS DE L'APPLICATION DES SERRURES BOURÉ.

Au point de vue théorique, pour les serrures Bouré comme pour les cadenas, il serait possible à un agent de dérober ou de fabriquer une clef, qui lui permettrait de libérer un appareil sans mettre nécessairement à l'arrêt les signaux correspondants. Cette manœuvre irrégulière est facile à cacher avec un cadenas, puisque, celui-ci une fois ouvert, l'agent peut retirer la clef et la cacher. Dans ce cas, il est difficile de s'apercevoir de la fraude commise, puisque l'on ne peut savoir si le cadenas a été ouvert avec une deuxième clef; ou si l'agent qui l'avait précédemment ouvert n'avait pas rapporté la clef, sans l'avoir régulièrement refermé. Avec les serrures Bouré, il n'est pas possible de retirer la fausse clef, quand une serrure est ouverte, puisqu'elle reste emprisonnée dans la partie mobile de la serrure. Il y a là un fait qui faciliterait la découverte de l'acte de malveillance commis.

L'usage prolongé des serrures Bouré n'a fait ressortir que quelques inconvénients sans importance et auxquels il est facile de remédier.

Il y a eu notamment, surtout au début, quelques bris de clefs dus principalement à ce que les serrures, après leur ouverture, ont été placées par les agents dans une position où elles pouvaient être atteintes soit par les machines ou les wagons, soit par les chevaux de manœuvre.

On y a remédié en disposant près des serrures de petites planchettes à rebord, sur lesquelles les agents ont la consigne de toujours placer l'agrafe lorsqu'elle est séparée de l'armature.

NOTE SUR LE SYSTÈME D'ENCLENCHEMENTS

le la clef de secours, afin d'en rendre compte à l'inspecteur principal de l'arrondissement. Il remplace le râtelier, au moyen de la clef de réserve, la clef de secours utilisée et rétablit le scellé.

Une clef en service, après avoir été momentanément égarée et remplacée par une clef de secours, est retrouvée, elle doit être remise immédiatement au chef de gare, qui, après s'être assuré qu'elle n'est pas égarée, l'envoie d'urgence à l'Inspecteur de section, que celui-ci puisse la mettre en réserve.

Une clef en service reconnue avariée, et qui doit être remplacée par une clef de secours, doit immédiatement être envoyée à l'Inspecteur de section; si elle ne peut être réparée pour être replacée en réserve, cette clef doit être envoyée par l'Inspecteur à l'Inspecteur principal de l'arrondissement, qui la fait immédiatement disparaître. »

Les règles analogues sont adoptées sur les réseaux du Nord et du Paris-Lyon-Méditerranée.

CONCLUSIONS.

Résumé, le système d'enclenchements par serrures a été sorti de la période d'essais, et son application n'a révélé aucun inconvénient sérieux.

Considérons ces appareils comme constituant, tant au point de vue de la sécurité qu'en raison de leur prix, une solution des plus heureuses pour la protection des petites gares.

Les serrures Bouré ont d'ailleurs été l'objet, dans le courant de l'année 1897, d'une enquête administrative sur les réseaux de l'État, du Nord et du Paris-Lyon-Méditerranée, et, conformément à l'avis du comité de consultation technique des chemins de fer, une circulaire

NOTE SUR LE SYSTÈME D'ENCLÈCHEMENTS
AT DES GARES POURVUES DE SERRURES BOURÉ
A LA DATE DU 1^{er} JANVIER 1899.

NOM DES GARES	NOMBRE DE SERRURES		NOMBRE de clefs des serrures centrales	OBSERVATIONS
	à une clef	à clefs multiples		
FRANCE				
ÉTAT				
Pie	7	"	7	Gare de ligne à voie unique
endée.	8	"	8	
s-Pierres.	10	"	5	Gare de ligne à voie unique
.	8	"	8	
st (La)	3	1	"	
st-Agil	12	"	10	
Cyr-en Bourg.. . . .	8	"	8	
ouet...	9	"	8	
ine.	8	"	8	
.	8	"	8	
rs	13	"	10	
le-Leir (La).	8	"	8	
valière.	12	"	10	
.	8	"	8	
.	13	"	7	
.	8	"	5	Gare de ligne à voie unique
.	13	"	10	
nton	8	"	8	
dainville.	3	1	"	
vray	8	"	8	
.	3	1	"	
s	14	"	10	
n.	12	"	10	
.	2	1	"	Embranchem. particulier.
.	5	"	4	Embranchem. particulier.
.	8	"	8	
-la-Bruère	3	1	"	
-Braye.	14	"	10	
dé (La).	8	"	8	
.	12	"	10	
.	12	"	10	
.	8	1	"	
POUR L'ÉTAT.	271	6	212	
PARIS-LYON-MÉDITERRANÉE				
.	12	"	6	
.	12	"	10	
.	7	"	5	
.	5	"	5	
A reporter.	36	"	26	

NOMS DES GARES	NOMBRE DE SERRURES		NOMBRE de clefs des serrures centrales	OBSERVATIONS
	à une clef	à clefs multiples		
<i>Report.</i>	571	19	435	
Fontaine-le-Port.....	10	"	7	
Fontaines.....	12	"	9	
Fouillouse (La).....	20	"	10	
Fourchambault.....	12	"	9	
Fours.....	8	"	6	
Fréjus.....	13	"	7	
Gadagne.....	5	"	5	
Gémeaux.....	8	"	6	
Genlis.....	14	"	10	
Gerzat.....	9	"	7	
Gières.....	10	"	6	
Gonfaron.....	11	"	7	
Grand-Contour.....	10	"	8	
Grande-Paroisse (La).....	8	"	6	
Grandrie-Allières.....	5	"	5	
Grandvillars.....	8	"	6	
Grans.....	7	"	6	
Héricy.....	8	"	8	
Hôpital (L') du Gros-Bois.....	10	2	6	
Imphy.....	12	"	10	
Jarrie-Vizille.....	12	"	8	
Joigny.....	21	"	12	
Lachamp-Condillac.....	10	"	8	
Lamanon.....	5	"	5	
Lamarche.....	10	"	7	
Lancey.....	7	"	6	
Lédenon.....	9	"	7	
Lieusaint.....	14	4	8	
Loire.....	5	"	5	
Louhans.....	18	2	12	
Luc (Le) et le Cannel.....	12	"	10	
Mantoché.....	9	"	5	
Marguerittes.....	8	"	6	
Mauves (Ardèche).....	7	"	7	
Melun.....	41	14	12	
Mennecy.....	13	"	10	
Mesvres.....	8	"	6	
Meximieux.....	14	1	7	
Miribel.....	10	"	8	
Montbard.....	20	"	13	
Montbarrey.....	8	"	6	
Montbrison.....	13	4	10	
Monteignet-Escuroles.....	6	"	6	
Montélimar.....	14	1	8	
Montfavet.....	5	"	5	
Montmaur.....	8	"	6	
Montmélian.....	4	"	3	
Montrond.....	10	2	5	
Mornas.....	6	"	6	
Navilly.....	9	"	8	
Neuvy-sur-Loire.....	9	"	5	
Nogent-sur-Vernisson.....	8	"	6	
Nuits-Saint-Georges.....	15	"	13	
Orgon.....	9	"	6	
Oullins.....	19	"	10	
<i>A reporter.</i>	1167	49	844	

PAR SERRURI

ZONES DES GARES	NOMBRE DE KE	
	à une clef	à deux
<i>Report</i>	1167	
Pagny (Côte-d'Or)	10	
Payrand	13	
Polliat	10	
Pontcharra-sur-Bréda	12	
Pont-d'Ain	15	
Ponthierry-Pringy	13	
Pontis (Le)	4	
Prax (La)	7	
Pyrinont	9	
Remilly (Nièvre)	8	
Renardière (La)	6	
Rochemauré	7	
Roquebrune	6	
Rosillon	10	
Sablères-Courson	8	
Sarraz	9	
Saulon	7	
Saulce	9	
Séna	7	
Serré	10	
Serves-Brôme	7	
Seyne (La) Tamarin-sur-Mer	14	
Seysset-Carbonod	11	
Sallières-Pont	10	
Sallières	7	
Sergues	10	
Soyons	8	
Saint-Bonnet-en-Bresse	9	
Saint-Chamas	14	
Sainte-Colombe-les-Vignes	11	
Sainte-Croix	9	
Saint-Désir (Saône-et-Loire)	8	
Saint-Fargeau-Seine-Port	4	
Saint-Galmier-Venuche	12	
Saint-Georges	11	
Saint-Germain-du-Bois-Devrouse	9	
Saint-Gervais-Bezu	8	
Sainte-Hélène-du-Lac	9	
Saint-Jodard	6	
Saint-Julien-Clénay	10	
Saint-Martin-de-Crau	17	
Saint-Péray	13	
Saint-Pierre-de-Boruf	8	
Saint-Rambert-en-Rugy	11	
Saint-Rémy (Allier)	6	
Saint-Romain-en-Gier	7	
Saint-Saturnin-d'Avignon	6	
Saint-Vallier	15	
Tain	8	
Talmay	11	
Tanlay	13	
Ternand	7	
Thénières	8	
Thor (Le)	5	
Tournon	15	
<i>A reporter</i>	1684	5

4) NOTE SUR LE SYSTÈME D'ENCLÈCHEMENTS

NOMS DES GARES	NOMBRE DE SERRURES		NOMBRE de clefs des serrures centrales	OBSERVATIONS
	à une clef	à clefs multiples		
<i>Report</i>	1084	55	1225	
as-Burel.....	10	"	10	
ette-Toussat (La).....	8	"	5	
édrangen-Saint-Priest.....	8	"	8	
ère.....	14	"	13	
aul.....	8	"	8	
ou.....	8	"	8	
y.....	12	1	5	
le-Comte.....	14	"	12	
neuve-sur-Yonne.....	17	1	9	
ellen.....	12	"	12	
l.....	9	"	7	
nas.....	10	"	7	
ippe.....	10	"	8	
res.....	4	"	4	
TOTAUX POUR LE P.-L.-M.	1826	57	1337	
NORD				
eville.....	23	1	8	
et.....	8	"	8	
r-sur-Noye.....	12	"	8	
r-sur-Somme.....	7	"	8	
ri.....	13	1	8	
deny-Fontenoy.....	13	"	8	
y-Pinos.....	18	"	10	
illy.....	8	"	4	
bke.....	10	"	7	
u.....	19	5	6	Installation provisoire. Id.
it des 3 Ponts.....	11	1	3	
es.....	27	2	11	
l.....	18	2	12	
es.....	5	"	5	
chy.....	15	2	8	
ervilliers.....	7	1	5	
ruch.....	6	"	5	
ray-les-Bondy.....	6	3	3	
ers.....	13	2	11	
ones.....	42	3	29	
uel.....	15	1	9	
leul.....	24	6	18	
jeux.....	18	"	8	
igny-Saint-Epis.....	5	2	3	
icourt-Hamel.....	12	1	11	
rainville.....	16	4	11	Gare de ligne à voie unique
gues.....	17	1	8	
ry.....	12	"	8	
y.....	9	"	7	
ancourt.....	5	"	5	
jay-Saint-Pierre.....	10	2	8	
r-Montigny.....	6	"	4	
ic-Missacron.....	18	1	15	
<i>A reporter</i> . . .	510	41	280	

NOM DES GARES	NOMBRE DE SERRURES		NOMBRE de clefs des serrures centrales	OBSERVATIONS
	à une clef	à clefs multiples		
<i>Repart</i>	1180	105	744	
Easigny-le-Petit.....	12	1	7	
Etaples.....	20	"	17	
Elroux.....	14	2	8	
Falaise (La).....	9	"	6	
Famechon.....	14	1	8	
Farbus.....	15	1	10	
Fancoury-Moncau.....	17	7	13	Gare de ligne à voie unique
Fère (La).....	26	1	14	
Ferrière-la-Grande.....	6	"	4	Embranchem. particulier
Feuquières-Broquiers.....	3	1	3	Embranchem. particulier
Fives.....	4	"	4	
Flavy-la-Martel.....	18	"	15	
Formerie.....	18	1	15	
Fouillois.....	15	1	9	
Fouquereuil.....	21	"	12	
Franconville.....	6	"	5	
Fresnoy-la-Grand.....	19	1	15	
Frethun.....	2	"	"	
Frézin.....	9	1	8	
Guillefontaine.....	11	1	8	
Gannes.....	10	"	8	
Goussainville.....	18	"	13	
Gouzeaucourt.....	19	7	15	
Groslay.....	4	"	4	
Guillaucourt.....	14	2	7	
Hachette.....	4	"	4	
Ham.....	20	"	14	
Ham.....	3	1	3	Embranchem. particulier
Hangest.....	8	"	6	
Hargicourt-Pierrepoint.....	14	"	12	
Hallencourt.....	28	7	17	
Hénin-Liétard.....	15	2	10	
Hermes.....	9	"	6	
Hedignœul.....	17	2	8	
Hornaing (Arrêt).....	8	1	8	Embranchem. particulier
Isle-Adam (L').....	19	2	13	
Iwuy.....	22	1	16	
Laboussière-Faschemps.....	19	9	20	Gare de ligne à voie unique
Lamotte-Breuil.....	7	"	6	
Landreches.....	27	5	19	
Laon.....	3	1	"	Installation provisoire.
Leforest.....	27	1	17	
Lauquin.....	7	1	6	
Liancourt.....	12	"	7	
Libercourt.....	9	"	6	
Liesse-Gizy.....	11	"	8	
Lille (Porte d'Arras).....	7	"	7	
Lille (Porte des Postes).....	8	"	6	
Lillers.....	32	1	19	
Longpont.....	16	"	13	
Longpré.....	23	1	8	
Longueil-Sainte-Marie.....	13	"	6	
Longuerue.....	9	1	7	
Loos.....	8	1	6	
Leuvres.....	16	3	11	
<i>A reporter</i>	1940	182	1261	

NOTE SUR LE SYSTÈME D'ENCLÈCHEMENTS

NOM DES GARES	NOMBRE DE SERRURES		NOMBRE de clefs des serrures centrales	OBSERVATIONS
	à une clef	à clefs multiples		
<i>Report</i>	2677	250	1747	
Leville (La).....	9	1	5	Embranchem. particulier
.....	13	"	10	
.....	9	1	6	
.....	6	1	4	
.....	8	"	5	
.....	8	1	6	
.....	2	1	"	
.....	21	6	16	Gare de ligne à voie unique
.....	15	2	6	
.....	14	"	8	
.....	10	1	7	
.....	15	"	8	
.....	2	1	"	
.....	6	"	4	
.....	6	6	6	Embranchem. particulier
.....	8	3	7	
.....	16	4	8	
.....	4	"	4	
.....	11	"	13	
.....	4	"	4	
.....	9	1	6	
.....	14	1	11	
.....	28	8	28	Gare de ligne à voie unique
.....	16	"	12	
.....	5	"	5	
.....	19	4	15	Gare de ligne à voie unique
.....	31	1	23	
.....	54	16	36	Gare de ligne à voies unique
.....	11	"	8	
.....	18	1	13	
.....	21	"	14	
.....	14	2	8	
.....	3	1	"	
.....	2	1	"	
.....	14	1	6	
.....	21	6	15	Gare de ligne à voie unique
.....	4	1	"	Embranchem. particulier
.....	11	1	7	
.....	17	"	9	
.....	14	"	9	
.....	13	3	7	
.....	11	4	5	
.....	10	"	8	
.....	21	"	15	
.....	16	2	8	
.....	15	"	9	
.....	6	"	5	
.....	28	2	17	
.....	14	"	10	
.....	4	"	4	
.....	4	1	"	
.....	12	"	7	
.....	12	"	7	
.....	8	"	4	
.....	17	2	6	Gare de ligne à voie unique
<i>A reporter</i>	3381	346	2211	

NOTE SUR LE SYSTÈME D'ENCLÈCHEMENTS

DES GARES	NOMBRE DE SERRURES		NOMBRE de clefs des serrures centrales	OBSERVATIONS
	à une clef	à clefs multiples		
CENTRAL CATALAN				
.....	6	•	5	
PORTUGAL				
COMPAGNIE ROYALE				
.....	10	•	11	
.....	6	1	7	
OUR LE PORTUGAL.....	16	1	18	
AUTRICHE				
NORD-EMPEREUR-FERDINAND				
.....	13	•	13	
.....	6	•	6	
OUR L'AUTRICHE.....	19	•	19	
HONGRIE				
ÉTAT				
.....	6	•	4	
.....	6	•	4	
OUR LA HONGRIE.....	12	•	8	
ÉGYPTE				
ÉTAT ÉGYPTIEN				
	57	16	56	Ces chiffres s'appliquent à 6 gares.

Voir Récapitulation générale d'autre part.

LE CUIVRE EN BOLIVIE.

Des renseignements sur les gîtes de cuivre de Bolivie viennent d'être publiés sous le titre *El Cobre en Bolivia*, par l'Office national d'immigration, de statistique et de propagande géographique à La Paz; ils peuvent, dans ce qu'ils ont d'essentiel, se résumer comme suit :

Les formations cuprifères de la Bolivie forment une ligne presque ininterrompue, qui va du Sud au Nord en suivant la direction générale de la chaîne orientale des Andes. Ces formations se poursuivent depuis Atacama, par Porco, Chayanta, département de Potosi, Turco, Poopo, Oruro, jusqu'à Corocoro et se prolongent encore au delà, par le département de La Paz, jusqu'aux frontières du Pérou. Parmi ces nombreux gisements, les seuls exploités depuis 1885 sont ceux de Corocoro, sur le haut plateau du Titicaca. En 1850, on exploitait également Chacarilla, dans le département de La Paz, et diverses mines d'Oruro et d'Atacama.

Corocoro, chef-lieu de la province de Pacajes, dans le département de La Paz, se trouve à l'altitude de 4.023 mètres; c'est une ville de 5.620 habitants. Sa position à proximité du Desaguadero et d'un point où cette rivière, sortant du lac Titicaca, est encore navigable, favorise l'exportation. Des remorqueurs conduisent les barques chargées de cuivre jusqu'à Puno, port péruvien du lac; là on charge le métal dans les wagons du chemin de fer aboutissant à Mollendo sur le Pacifique (520 kilomètres de voie ferrée). Il y a une deuxième route, purement terrestre, de Corocoro à Tacna (chemin muletier) et de Tacna à Arica, autre port du Pacifique (chemin de fer); mais, quoique plus directe, elle serait en réalité un peu moins avantageuse, s'il est exact que le transport d'un quintal espagnol revienne actuellement à 2 B. 49 (*) par la première et à 2 B. 12 par la seconde.

Une autre circonstance heureuse est la nature du terrain, à la fois assez tendre et assez résistant pour faciliter le travail dans les mines. Il ne contient, en outre, que très peu d'eau.

Les gisements de Corocoro sont situés dans des grès bariolés, qui ont été rattachés par Forbes au permien sans raison absolue

(*) Le bolivien, ou demi-piastre à bas titre, équivaut à 12^{rs},58 d'argent, soit 2 fr. 50 au cours légal. La piastre, au titre de 900 p. 1000, vaut 5 fr. 40 et se divise en 100 centavos.

et dont on sait seulement qu'ils reposent en discordance sur le carbonifère. On y a découvert, en 1859, dans la mine Santa-Rosa, le squelette d'un animal intermédiaire entre le lama et le chameau, en partie transformé en cuivre natif : ce qui doit être en corrélation avec des phénomènes de remise en mouvement récents, dont la trace est manifeste dans tous les caractères du gisement.

Le cuivre se trouve dans deux systèmes de couches sédimentaires, qu'on a distinguées d'après leur inclinaison : les *vetas*, plus anciennes et plus redressées, formées de grès rouges ou violacés plus ou moins argileux, passant à un conglomérat quartzeux et ne contenant jamais de gypse ; les *ramos*, plus récents et plus rapprochés de l'horizontale, formés également de grès et conglomérats comparables aux précédents, mais souvent avec une couleur plus foncée de chocolat ou de café, et reconnaissables à leurs bancs de gypse intercalés. La formation des *ramos*, beaucoup plus étendue que l'autre, se prolonge, au Sud, à Chacarilla, au Nord vers Atacama et Antofagasta (*).

Le trait distinctif de ces gisements est l'abondance du cuivre natif sous les formes les plus variées, depuis celle de grains microscopiques jusqu'à celle de masses pesant plusieurs tonnes. On y trouve également de l'argent natif, non pas allié au cuivre mais au-dessous de lui : ce qui a fait supposer une précipitation électro-chimique. Il existe également des minerais à teneur sensible de nickel et de cuivre, que l'on néglige. La rareté du combustible sur le haut plateau ne permettant pas, d'ailleurs, de traiter par la fusion en grand les diverses combinaisons chimiques du métal, on se borne presque exclusivement à produire, par broyage, pulvérisation et lavage à grande eau, un minerai exportable, dont le titre ne soit pas inférieur à 70 p. 100. Il n'existe encore à Corocoro que deux fours, et tout combustible autre que la *taquia* (crottin sec de lama) serait trop onéreux.

Il y a bien une formation houillère dans le voisinage, à Copacabana ; mais ce qu'on en sait jusqu'à présent n'autorise pas à la croire susceptible d'alimenter un établissement métallurgique de quelque importance.

Les méthodes employées sont des plus simples et fort imparfaites. Le minerai, amené sur le carreau de la mine (*saca*), est sommairement trié et brisé au marteau par des femmes (*carcaulo-*

(*) LORENZO SEXTO : Estudio geológico, etc. (*la Revista*, du 10 février 1892).

BULLETIN

ras), puis porté dans des moulins à main
teur hydraulique (*trapiches*) ; enfin on lui
dans des canaux inclinés, et on le sèche
aire construite en briques, soit sur des
fées en dessous. On n'exporte guère, en s
(*barrilla*), et très peu de barres.

Voici le tableau de la production des
nières de Corocoro en 1897 :

	QUANTITÉS extraites	QUANTITÉS traitées	CUIVRE obtenu	Pi
	ton. mél.	ton. mél.	ton. mél.	
Compañia Corocoro (C ^{ie} chilienne).	52.129	51.512	1.504	B ^e
Noël Berthou (Géolrep. française).	15.422	15.422	512	
J. K. Child and C ^e (C ^{ie} anglaise).	7.242	7.242	271	
Carreras Hermanos.	7.601	7.208	508	
	82.394	81.384	2.790	

Le Gouvernement bolivien perçoit un
quintal de minerai ; on a proposé récemment
5 boliviens, ce qui rendrait inévitable la loi
il n'y a pas d'apparence que le Congrès d
pareille loi.

D'après des renseignements fournis par
administrateur de l'entreprise Noël Berthou
l'exploitation du cuivre seraient les suivants

Prix de revient des cuivres à Corocoro
Frais jusqu'à Paris, B^e.....
Coût total du quintal espagnol (soit 46
Net produit réalisable dans les conc
vente et de change, B^e.....
Bénéfice net, B^e.....

Un tel bénéfice, dans l'industrie si aléatoire des mines, laisse peu de place aux élévations d'impôt.

(Extrait d'un Rapport adressé à M. le Ministre des Affaires étrangères par M. DE COUTOUX, chargé d'affaires de France à La Paz.)

LÉGISLATION ÉTRANGÈRE.

ITALIE.

Loi du 2 juillet 1896 sur l'expropriation en matière des mines et sur les Syndicats miniers.

En rendant compte ici même (*Annales des Mines*, 1894, t. VI, p. 588) de la loi italienne du 30 mars 1893 sur la police des exploitations minérales, nous avons expliqué comment l'Italie, n'ayant pu réaliser l'unification de législation en ce qui concerne l'attribution du droit de rechercher et d'exploiter les substances minérales, s'était efforcée d'obtenir l'uniformité des règles sur leur exploitation, sans se préoccuper de savoir si la propriété de la mine est ou non séparée de la propriété du sol, sans tenir compte des distinctions légales entre mines, minières, carrières et tourbières. D'après ce principe avait été rendue cette loi du 30 mars 1893 relative à la police de toutes les exploitations minérales. Il est certain que, pour assurer la sécurité de ces exploitations, ces distinctions légales entre mines, minières et carrières ne peuvent jouer aucun rôle. Rationnellement les règles devraient être les mêmes pour des entreprises présentant des conditions techniques analogues. Un fait bien topique suffit pour montrer que l'on devrait, en pareille matière, faire abstraction de toutes distinctions relatives à la classification légale des substances minérales; cette classification varie, en effet, entre les divers pays pour la même substance au point que les combustibles qui constituent, lorsqu'ils dégagent du grisou, les mines à coup sûr les plus sévèrement réglementées, ne sont que des carrières dans de nombreuses contrées.

L'Italie vient de faire un nouveau pas dans cette voie par sa

loi du 2 juillet 1896 dont la promulgation a donné une solution à des projets qui remontent à quelque trente ans. Cette loi de 1896 dérive directement, en effet, du projet présenté au Sénat, en 1868, par le ministre Broglie et repris, en 1871, par le ministre Castagnola (*).

La loi s'occupe, spécialement, dans les articles 2 à 13, des Syndicats libres ou obligatoires qui peuvent être constitués entre exploitants voisins de toutes substances minérales sans distinction entre elles. En outre, dans son article 1^{er}, elle étend le principe de la déclaration d'utilité publique en faveur de certains travaux de tous ces exploitants, principe qui se trouvait déjà, mais en termes plus restreints, dans la loi du 30 mars 1893 (art. 13).

Aux termes de l'article 1^{er} de la loi du 2 juillet 1896, le bénéfice de la déclaration d'utilité publique et, par suite, de l'expropriation par cette voie des terrains nécessaires à l'exécution des travaux pour lesquels cette déclaration a eu lieu peut s'appliquer, pour toutes les substances minérales sans distinction, la tourbe même comprise, aux travaux nécessaires pour défendre les exploitations contre les eaux, les en débarrasser, les ventiler, leur permettre de déposer les substances extraites, pour exécuter toutes voies de transport destinées à emmener les produits ou à amener les approvisionnements, pour établir enfin les appareils et les fours nécessaires à la préparation et à l'élaboration des produits extraits.

Il va de soi, encore que la loi ne l'ait dit nulle part explicitement, que le bénéfice de ces dispositions s'applique aux travaux des Syndicats dont nous allons parler comme à ceux des exploitants agissant individuellement.

Des Syndicats obligatoires entre exploitations contiguës ou voisines peuvent être constitués à la demande de la majorité des intéressés, par décision ministérielle, pour établir, entretenir et exploiter une installation commune pour l'épuisement des eaux, la ventilation, l'extraction des produits, la construction des routes, la sécurité et la salubrité des travaux (art. 2 et 3).

La décision ministérielle fixe les conditions de l'ouvrage, aux frais d'établissement ainsi que d'entretien ou d'exploitation duquel chacun des associés doit concourir à raison de son intérêt; la quote-part de chacun dans les dépenses d'entretien et d'exploitation devant être déterminée tous les deux ans d'après les résul-

(*) Voir sur ces projets notre *Traité de législation des Mines*, t. III, p. 373-374.

L'INDUSTRIE MÉTALLURGIQUE DANS LA RÉGION DE SAINT-ÉTIENNE

Par M. L. BABU, Ingénieur au Corps des Mines,
Professeur à l'École des Mines de Saint-Étienne.

INTRODUCTION.

Au commencement du XIX^e siècle, les aciers fins utilisés en France venaient en majeure partie d'Angleterre ; les aciers naturels, les aciers cimentés produits dans les forges de la Champagne, du Berry, de la Franche-Comté, de l'Ariège, ne pouvaient lutter ni avec les aciers anglais, ni avec les aciers allemands. On considérait comme une rareté les métaux d'excellente qualité pouvant prendre la trempe, et, tandis que le prix de la livre était en Angleterre seulement de 1 fr. 25, il atteignait en France, sous les guerres de l'Empire, 8, 10 et même 12 francs.

Saint-Étienne n'était pas alors un véritable centre métallurgique ; d'habiles forgerons transformaient bien en objets d'armurerie et de quincaillerie les fers du Berry et de la Champagne et les aciers étrangers importés à grand prix ; mais on ne produisait sur place ni fer ni acier. Les petites forges établies sur le Gier, sur le Furens et sur l'Ondaine, livraient depuis longtemps des clous, des chaînes, des limes, des canons de fusil, dont la renommée s'étendait au loin ; mais rien ne faisait prévoir que l'industrie de la fabrication des fontes, des fers et des aciers pût s'implanter dans une région où l'on n'avait pas reconnu la présence des minerais de fer.

Ce n'est qu'en 1815 que s'établit à Saint-Étienne la fabrication des aciers au creuset, et c'est également à

L'INDUSTRIE MÉTALLURGIQUE

À cette date, que se développent rapidement de nouvelles usines, où l'on s'efforce de produire les matières premières que réclament les industries de transformation. Comme Sheffield en Angleterre, Saint-Étienne est, en France, le premier centre de production des aciers fondus ; elle ne se contente pas d'imiter les procédés anglais. En 1740, par Benjamin Huntsmann, on produit pour la première fois des aciers fondus doux soudables, jusqu'alors inconnus en Angleterre.

Il n'est pas sans intérêt de rappeler, à propos de l'industrie métallurgique de Saint-Étienne, l'invention du procédé de fabrication de l'acier fondu au creuset(*). Depuis plusieurs siècles, Sheffield était célèbre par ses objets en acier, en particulier par les articles de coutellerie (s). Tous les aciers étaient d'ailleurs également importés : ils venaient de Suède et d'Allemagne, en passant toujours par Newcastle-on-Tyne où se trouvaient plusieurs fours de cémentation. Quelles que fussent leur pureté et leur finesse, ces aciers naturels ou cémentés étaient peu homogènes, et, pour remédier à ce défaut gênant dans la confection des ressorts, l'horloger anglais John White eut l'idée de les rendre homogènes par fusion au creuset. Établi d'abord à Doncaster, à 8 miles de Sheffield, puis, ensuite à Sheffield même en 1740, il acquit une grande célébrité. Les produits obtenus étaient très durs, non soudables ; les analyses faites sur des échantillons obtenus à cette époque accusent une teneur moyenne de 1,4 p. 100 avec 0,17 p. 100 de silicium et 0,100 de manganèse. Les teneurs en soufre et en phosphore sont respectivement 0,047 et 0,017 p. 100(**).

RIEL JARS, *Voyages métallurgiques*, 1774, — LE PLAY, *Mémoire sur la fabrication de l'acier dans le Yorkshire* (*Ann. des Mines*, 1843) ; — *Mémoire sur la fabrication et le commerce des fers à aciers dans l'Europe* (*Ann. des Mines*, 1846).
Trans. of the American Institute of Mining Engineers, vol. XXIV.

C'est surtout de la découverte d'Huntsmann que date le renom des aciers anglais ; soixante-quinze ans plus tard, la France applique à son tour les mêmes procédés et peut bientôt, elle aussi, produire des aciers des meilleures marques.

A Saint-Étienne, la fabrication de l'acier au creuset est suivie de l'application des méthodes anglaises pour la production de la fonte et du fer. Là, comme en Angleterre, on dispose d'un combustible, le charbon de terre, dont l'application aux opérations métallurgiques donne les meilleurs résultats. Il suffit que l'impulsion soit donnée pour que les procédés de puddlage à la houille se développent rapidement ; bientôt même on crée des hauts-fourneaux pour produire directement la fonte dont les usines d'affinage ont besoin. Les ingénieurs du Corps des mines, les professeurs de l'École des mines sont à la tête du mouvement, qui prend immédiatement une grande extension.

A l'époque actuelle, quelques hauts-fourneaux donnent encore dans la région de Saint-Étienne des résultats très satisfaisants ; mais la grande prospérité des usines de la Loire est surtout le fait de la perfection qu'elles apportent dans la fabrication des aciers fondus aux propriétés les plus diverses. Née de l'acier au creuset, l'industrie métallurgique de Saint-Étienne a toujours conservé quelque chose de son origine, et le soin qui préside à toutes les fabrications place à juste titre au premier rang les produits qu'elle livre à la Guerre, à la Marine et à toutes les industries.

Les aciers fins, les aciers pour fabrications difficiles, ont toujours été la grande spécialité de Saint-Étienne ; on ne s'est pas tant préoccupé de produire en grande quantité que de perfectionner les produits ; aussi les métallurgistes éminents qui se sont succédé dans la direction des usines sont-ils connus plutôt par les études remarquables qu'ils

ont faites, par les perfectionnements qu'ils ont apportés dans des procédés de fabrication, que par des découvertes permettant d'abaisser les prix de revient. On cherche à épurer le métal aussi bien que possible, à lui donner des propriétés qu'il n'a jamais jusqu'alors présentées; on le façonne par forgeage, plus tard par moulage, et les pièces qui sortent des ateliers présentent toujours le plus grand degré de perfection.

Dans l'étude des transformations successives qu'a subies l'industrie métallurgique dans la Loire, nous avons pensé qu'il y avait lieu de distinguer quatre périodes principales. Jusqu'au commencement de ce siècle, on ne trouve pas d'usines produisant le métal ou le dénaturant; les petites forges constituent seulement une industrie de transformation; à partir de 1815, la création des fonderies au creuset, celle des forges anglaises à la houille, enfin l'installation de hauts-fourneaux font presque immédiatement de la Loire un centre métallurgique important. Cependant les conditions économiques sont loin d'être excellentes; les transports des matières premières sont onéreux; les usines ne sont qu'à demi prospères.

Cette situation dure jusque vers 1840. A ce moment la construction de nouveaux chemins de fer vient améliorer la condition des transports et permet d'abaisser dans une large mesure le prix de revient des produits fabriqués. C'est alors que s'établissent dans la région des maîtres de forges qui s'attachent à perfectionner l'outillage mécanique jusque-là assez défectueux; ils installent des marteaux-pilons, des pièces de forge de dimensions jusque-là inconnues sortent de leurs ateliers; bientôt ils fabriquent un nouveau métal, l'acier puddlé, qui se prête particulièrement au travail mécanique. C'est là une période où se perfectionnent surtout les procédés de forgeage et de façonnage des métaux.

Plus tard, dès qu'elles connaissent les nouvelles mé-

DANS LA RÉGION DE S

thodes d'affinage pour métaux f
Loire les appliquent avec succès ;
convertisseurs Bessemer sont ins
Rive-de-Gier, et c'est à Firminy
mière fusion industrielle de l'acier
crise industrielle de 1880, coïnc
pratique de la déphosphoration p
est fortement ressentie dans toute
des produits à bon marché émig
tallurgiques riches en minerais
fabrications spéciales restent à
développent même tellement que
de nouveaux ateliers pour satisf
activité constamment croissante,
une intensité extrêmement remar
la période actuelle commencée e

Telles sont les cinq périodes
débutent ou finissent chacune sur
marquante de l'industrie métallur

Première période : avant 1815
aciéries au creuset ;

Deuxième période : de 1815 à
en œuvre du marteau-pilon ;

Troisième période : de 1840 à
tion du procédé Bessemer ;

Quatrième période : de 1860 à
déphosphoration par le procédé

Cinquième période : de 1880 à

I

LA MÉTALLURGIE A

L'armurerie et la quincaillerie.
doyen de Beaujeu, voyageant, :

çois I^{er}, dans la région de Saint-Étienne et de Rive-de-Gier, écrivait dans les *Annales du Lyonnais et du Beaujolais* : « A Saint-Genis-de-Terrenoire et à Saint-Chamond
 « sont des mines de bon charbon de terre ; sy sont aussi
 « à Rive-de-Gier, mais non en telle quantité. Est mer-
 « veille de voir les habitants de ce pays qui en sont tous
 « noircis et parfumés pour l'usage qu'ils en font pour leur
 « chauffage, au lieu de bois ; dont il n'y a maison, leur
 « manger, pain ni vin, qui n'en soit tout parfumé. Mais
 « le principal profit qui en vient est des forges, au moyen
 « de quoi est le Gier fort fréquenté de certaines races de
 « pauvres étrangers forgerons, lesquels ne demeurent
 « guère en un lieu, mais vont et viennent ainsi qu'oyseaux
 « passagers, même pour raison du voisinage de Saint-
 « Etienne de Furens en Forest. »

Cette description de la région minière il y a cinq cents ans, et qui s'applique encore assez bien à l'époque actuelle, montre que l'emploi et la transformation du fer remontent à plusieurs siècles dans la région de Saint-Étienne. Déjà, au xiv^e siècle, les forges des vallées du Furens, du Gier, fabriquent des arbalètes, des épées, des hallebardes ; dès le xv^e siècle on y commence la fabrication des armes à feu.

Les arbalestriers, forgerons, forgeurs de fers de lances, javellinaires, faiseurs de canons d'arquebuse, arquebusiers sont nombreux dans la région ; leur renommée s'étend au loin par les seigneurs qui viennent s'approvisionner chez eux des armes de toutes sortes dont ils ont besoin ; elle s'étend jusqu'à la cour de France, et, en 1516, François I^{er} envoie à Saint-Étienne un ingénieur languedocien, nommé Virgile, pour y étudier la fabrication d'armes destinées aux troupes royales.

Les guerres de religion ont pour effet d'augmenter la demande des armes ; les forgerons les livrent indifféremment aux catholiques et aux huguenots ; mais c'est seule-

ment sous le règne de Henri IV, qui ramène la sécurité en France, que la fabrication se développe réellement. Malgré l'épidémie qui dévaste Saint-Étienne de 1627 à 1630, malgré les impôts qui, sous Richelieu, écrasent les fabricants, les guerres favorisent l'armurerie : en 1669, à Saint-Étienne, il n'y a pas moins de 50 canonniers et de 600 armuriers. On travaille pour le service du roi ; il y a un *Commissaire pour la fabrique des armes pour le service de Sa Majesté*, un *Directeur de la fabrique royale d'armes* ; un commissaire de la Marine fait fabriquer des armes à feu pour le *Service des officiers de vaisseau de Sa Majesté*.

Ce n'est cependant qu'en 1716 que s'organise la fabrication régulière des armes de guerre. Le Grand-Maître de l'Artillerie envoie à Saint-Étienne une commission d'inspecteurs. On rend obligatoire l'épreuve des armes : il y a l'*épreuve royale* pour les armes de guerre, l'*épreuve bourgeoise* pour les armes destinées au commerce. De là l'origine du *banc d'épreuve* qui fonctionne maintenant à Saint-Étienne sous la direction de la Chambre de Commerce. On fournit des armes à l'Étranger, on les exporte ; la C^{ie} des Indes fait des commandes ; on livre à l'Ordre de Malte 20.000 fusils et 1.400 paires de pistolets ; on expédie 12.000 fusils en Espagne.

Mais les ministres du roi ne paient pas toujours très exactement, ce qui met les armuriers dans une situation souvent précaire. D'un autre côté, les armes de Charleville sont préférées à celles de Saint-Étienne, quelquefois fabriquées avec des fers de mauvaise qualité. On ne s'est pas suffisamment préoccupé jusqu'alors de la qualité des fers employés : on s'est contenté de les acheter chez les marchands de Lyon sans spécification d'origine ; on commence à passer des marchés avec les forges de la Champagne, de l'Ardèche, des Pyrénées. Enfin, en 1764, les industriels se réunissent en une Société qui reçoit du roi

privilège exclusif de la fabrication de toutes les armes commandées pour les armées françaises ou pour les armées étrangères, et le roi confère aux usines de l'Association le titre de *Manufacture Royale*. Le monopole ainsi constitué met à la disposition de la Manufacture Royale toutes les petites usines, molières et aiguiseries de Saint-Étienne et des environs. On fabrique alors pour la première fois des baionnettes et des fourreaux, et la fourniture annuelle des fusils atteint le chiffre de 20.000.

Pendant la Révolution, la Manufacture Royale est plus ou moins désorganisée : en l'an IV, on fabrique seulement 10 000 fusils et 200 paires de pistolets; plus tard on active ses fabrications et, en 1816, les livraisons s'élèvent à 30 000 fusils.

Les procédés de fabrication y sont restés d'ailleurs extrêmement primitifs; ce n'est qu'en 1785 qu'on applique pour la première fois l'étirage des canons de fusil par le martinet, tel qu'il est déjà depuis longtemps pratiqué à Liège. Mais les forges liégeoises, comme on les appelle alors, simplifient le travail des canonniers, qui n'ont plus besoin d'une aussi grande habileté professionnelle pour confectionner des canons de fusil de bonne qualité; de là, parmi les ouvriers de la corporation, un mécontentement qui se traduit, en 1789, par une émeute.

Les machines-outils sont à peu près inconnues: tout se fait à la forge, à l'étau et à la lime. Le tour à canons, le banc de forerie sont inventés en 1792; on considère alors comme une merveille une machine qui perce à la fois les onze trous du corps de platine. Tel est, avec une machine à tarauder et une autre à fileter les vis à bois, l'inventaire des machines-outils de la Manufacture Royale.

A côté de l'armurerie, la quincaillerie est également fort ancienne à Saint-Étienne. On trouve les traces d'une grande, établie pour la coutellerie, au Chambon, près Saint-Étienne, en 1594, et transportée à Saint-Étienne

en 1607. Au siècle dernier, les principaux produits, outre la coutellerie sont : les fourchettes, les cuillers, les mouchettes, les serrures, les vis, les limes, les clous, les fiches et autres objets de ferronnerie pour bâtiments. La France n'est pas leur seul débouché : par Marseille ils se répandent dans le Levant et dans nos grandes colonies d'Amérique. Les forgeurs s'appellent des maréchaux ; répandus surtout dans les vallées du Furens, de l'Ondaine, du Gier, ils fabriquent non seulement les ferrures pour le bâtiment, ils s'occupent encore de poêlerie, de ferblanterie, de bourrellerie. Ils transportent à dos de mulets, à Saint-Étienne ou à Lyon, leurs articles qui sont ensuite expédiés par le Rhône dans tout le Midi de la France et par la Saône dans la Bourgogne et à Paris.

C'est entre Saint-Chamond et Saint-Étienne qu'on trouve le plus grand nombre de fabricants ; Saint-Martin-la-Plaine est le centre principal des articles de ferronnerie. A Firminy et à Saint-Chamond, l'industrie du clou forgé est importante. La coutellerie occupe 600 à 700 ouvriers qui livrent 12.000 douzaines de couteaux par semaine : ce sont seulement des couteaux ordinaires, le couteau de poche à manche de bois ou de corne qui se vend 1 fr. 50 la douzaine, l'*Eustache* qui, suivant la qualité, coûte seulement 5 à 16 francs la grosse de douze douzaines. L'industrie des fourchettes et cuillers présente une importance analogue : les mouchettes sont produites par 200 ouvriers, et, à Saint-Étienne seulement, la fabrication des vis occupe près de 1.200 personnes. La serrurerie se fabrique à Saint-Étienne et à Saint-Bonnet-le-Château ; le nombre des ouvriers serruriers s'élève à 1.300.

Là, comme en armurerie, tous les articles sont fabriqués à la main ; mais des usines mécaniques se sont établies dans les Vosges : elles produisent à bas prix et entravent la vente des produits de la Loire. Pour lutter contre cette concurrence, un industriel veut appliquer les

L'INDUSTRIE MÉTALLURGIQUE

glais de fabrication; il organise à Saint-usine mue par une roue hydraulique, mais le forgeage des canons de fusil au martinet émeute en 1789, de même l'initiative prise de ameute les ouvriers qui détruisent l'usine ;sonne ne se hasarde plus à établir d'autres iques, et, à partir de cette époque, l'industrie erie et de la quincaillerie décroît rapidement n de Saint-Étienne; elle occupait 8.000 ou-'90; elle n'en compte plus que 3.000 en 1810. llerie et l'armurerie constituent des indus- i familiales; les ouvriers compagnons tra- etits groupes autour des maîtres; en moyenne us de 2 ouvriers pour un chef d'atelier. ce comparée des fabrications à diverses indiquée dans les tableaux ci-contre qui ré- recherches statistiques faites en 1812 par vernement.

Quantités des matières premières employées annuellement dans les fabrications.

	ÉPOQUES		
	1786 à 1790	1800 à 1803	1810 à 1811
irres.....	800.000	460.000	324.000
iquets.....	102.000	60.000	37.000
r ges.....	228.000	150.000	104.000
.....	272.000	190.000	129.000
.....	60.000	30.000	13.000
utres métaux...	166.000	80.000	32.000
TAUX.....	1.628.000	970.000	632.000

DANS LA RÉGION DE SAI

Valeurs des produits et salaires

époques	en
1786 à 1790.....	
1800 à 1803.....	
1810 à 1811.....	

époques	Chefs d'atelier
1786 à 1790.....	2.600
1800 à 1803.....	1.400
1810 à 1811.....	900

époques	Chefs d'atelier
1786 à 1790.....	1.215.0
1800 à 1803.....	890.0
1810 à 1811.....	381.5

On fabrique déjà des outils de tail et la fabrication des clous forgés d'usines dites *fenderies* qui reçoivent de la Champagne, de Franche-Comté, de l'Ariège, et les transforment en va remises à des forgerons travaillant

Mais, dans une région où les n manquent complètement, l'industrie

ment dite ne peut s'établir à des époques aussi anciennes. La fabrication de la fonte et du fer au charbon de bois est depuis longtemps développée en France, en Champagne, dans le Berry, en Franche-Comté, dans l'Ariège, et on ne trouve dans la Loire aucune trace de cette industrie. Il faut remonter jusqu'à l'introduction en France des procédés anglais à la houille pour que se créent dans la région de véritables usines métallurgiques ; à l'inverse de ce qui a lieu dans la plupart des centres métallurgiques, l'industrie du fer ne débute pas par le traitement direct des minerais au bas-foyer ; elle applique, dès son origine, les procédés déjà perfectionnés n'exigeant que l'emploi de la houille.

Aussitôt qu'elle est introduite dans la Loire, on comprend d'ailleurs que la métallurgie proprement dite puisse se développer si rapidement. Il y a là une population habile à manier le fer et admirablement préparée pour toutes les opérations que va exiger la fabrication du fer et de l'acier.

II

PÉRIODE DE 1815 A 1840.

James Jackson à Trablaine. — Depuis longtemps déjà les manufactures d'armes ont essayé d'employer exclusivement les aciers français dans leur fabrication ; mais les produits qu'elles obtiennent sont irréguliers ; il en résulte à l'encontre des forges françaises un certain discrédit qui fait préférer les aciers de Styrie, d'Angleterre, d'Allemagne. On reconnaît cependant, dès 1812, que l'acier brut français, en particulier celui qu'expédient les forges de l'Isère, celles du Nivernais et les bas-foyers des Pyrénées, ne le cède en rien à celui qu'on prépare dans les aciéries de Styrie et de Carinthie ; il suffit d'un peu de soin

dans le triage des barres, jusque-là livrées sans classement préalable, pour que le forgeron puisse choisir avec certitude la qualité dont il a besoin, sans être exposé à rejeter inutilement un grand nombre de barres trop dures ou trop douces.

Malgré tout, on attribue aux aciers anglais une supériorité que les uns expliquent par une qualité spéciale, par une *propension aciéreuse* que posséderaient les minerais anglais, et que les autres considèrent simplement comme le résultat d'une fabrication plus soignée. Pour vérifier s'il en était ainsi, il suffisait d'appliquer en France les procédés anglais, et, mieux, de faire venir d'Angleterre des hommes rompus à la pratique des fabrications. C'est ce que fait le ministre Chaptal en 1814. Au nom du Gouvernement Français, il invite James Jackson, propriétaire à Birmingham d'une aciérie où l'on fait surtout des limes et de l'acier cimenté, à venir en France pour y importer la fabrication des aciers fins.

Jackson débarque le 25 octobre 1814 avec huit enfants ; il a alors quarante-deux ans. Après une étude assez sommaire des conditions économiques des divers centres métallurgiques, il propose d'établir à Saint-Étienne la fabrication des aciers fins suivant la méthode anglaise. La proximité de mines de houille déjà très développées et bien outillées, la facilité de recruter d'excellents forgerons sont des raisons suffisantes pour déterminer le choix de Jackson ; cependant, comme il s'agit de faire de l'acier fondu par le procédé d'Huntsmann, la ressemblance de Saint-Étienne avec Sheffield contribue sans doute, elle aussi, à faire désigner la Loire comme centre des nouvelles fabrications. Avec leurs nombreuses collines et leurs vallées où s'étagent les martinets, les molières et les aiguiseries et où fument une multitude de feux de forge, l'une et l'autre ville méritent cette définition que lord Palmerston donnait plus tard de Sheffield : *a black*

picture set in a golden frame. Enfin, si l'eau de Sheffield a pour la trempe des propriétés tellement spéciales que, vers la fin du XIX^e siècle, des Américains n'hésiteront pas à en importer en Amérique même une grande quantité, l'eau de l'Ondaine, celle du Furens, celle du Gier jouissent de propriétés non moins excellentes et sont réputées valoir celle de la rivière Chalybs, en Espagne. On fait aussi, à Saint-Étienne des meules pour aiguiseries qui ne le cèdent en rien aux meules de Sheffield.

Tant de raisons, surtout à une époque où les procédés métallurgiques sont exclusivement empiriques, doivent indiquer Saint-Étienne comme le point le plus favorable à la fabrication des aciers fondus au creuset. Le 26 avril 1815, le ministre Chaptal promet alors à Jackson un logement gratuit dans le département de la Loire, et, pendant trois ans, une subvention de 20 francs par 100 kilogrammes d'acier équivalant aux meilleurs aciers anglais et produit avec des minerais français ; on doit, de plus, lui payer 1.000 francs par chaque ouvrier anglais qu'il amènera.

Le 2 août 1815, Jackson loue au prix de 900 francs par an la petite forge des Pêcheurs, située à Trablaine, commune de Feugerolles ; puis il s'entend avec des commanditaires qui s'engagent à lui fournir le capital qui lui est nécessaire. On établit immédiatement un four de cémentation, ensuite un martinet et 20 fours de fusion ; on y adjoint une fabrique de creusets, un laminoir, une fabrique de limes. Dès l'année 1816, la production s'élève à 100 tonnes d'acier fondu et d'acier cémenté.

Le prix des aciers fondus est de 3 fr. 50 à 4 francs le kilogramme ; celui des aciers cémentés de 1 fr. 50 à 2 francs. A ce moment il y a encore, en faveur des aciers anglais, un préjugé tel, qu'on est, en général, obligé de vendre les aciers français sous des marques anglaises, si l'on ne veut pas consentir à une moins-value de 20 à 25 p. 100.

DANS LA RÉGION DE

En 1818, la production de l'acier était de 200 tonnes. Les matières premières des Pyrénées-Orientales, du Dauphiné, d'Escanlié, de Puyvaladore, dans le Poitou près de Grenoble. Les terres à Salavas (Ardèche), à Bolène, aussi la terre grasse de Sorgues. Les aciers ne sont pas extrêmement différents. Le temps écoulé depuis la création en 1818 à :

3 fr. »	le kilo,	pour l'acier
1	20	— pour l'acier
1	»	— pour l'acier
2	»	— pour l'acier
2	50	— pour l'acier

Dès l'origine, les produits ont été d'excellente qualité; cependant à l'ancien préjugé, le Comité des Manufactures juge que les aciers ne sont pas encore assez parfaits pour être mis en œuvre par Chaptal. Malgré tout, l'acier fondu au creuset, en France, est si bon qu'il ne tarde pas à prendre dans le monde une réputation extrêmement rapide.

Beaunier à la Bérardière. — L'acier fondu au creuset dans des fours à vent, est tellement simple que l'expérience ne peut manquer d'être suivie. La mise en marche de l'usine de M. Milleret, receveur général de la Moselle, sur les conseils du directeur en chef des Mines et d

L'INDUSTRIE MÉTALLURGIQUE

à Saint-Étienne, entreprend la création d'une aciérie à la Bérardière, sur le Furens, près de Saint-Genès. Son but est de fournir au commerce et aux manufactures d'armes les diverses variétés d'acier. On est alors obligé d'importer des pays étrangers, et en particulier les aciers naturels raffinés qui viennent d'Allemagne, et qui présentent sur les aciers français des avantages spéciaux qu'on attribue à une plus intime union du carbone avec le fer.

Cette usine est établie sur les plans de Beaunier, ingénieur en chef, conseiller sa création. Avec l'autorisation du directeur général des Mines, Beaunier dirige l'installation de toute la partie métallurgique de l'usine. Bientôt après il en prend la direction. On fabrique des aciers fondus, des aciers cimentés; on raffine les aciers de l'Isère, du Nivernais, des Pyrénées.

Produits les plus divers sortent de l'usine de la Bérardière: on y prépare le *ruban damassé* pour la construction des canons de fusils, l'*acier dur* pour revêtements des batteries, un *acier soudable affiné à l'acier doux*, qui présente la dureté de l'acier fondu et se vend à 400 francs en barres. L'*acier fondu* étiré en fils de 260-280 francs, l'emporte sur l'acier doux par sa propriété d'être soudable, propriété que ne possèdent pas les aciers de Marschal et de Huntsmann. On livre en outre, au commerce des *aciers raffinis* pour outillage à 180 francs les 100 kilos; on vend aussi les aciers raffinés pour les grands outils tranchants, outils de tour, dont la qualité correspond à celle des aciers de Hongrie. L'acier pour limes, outils, etc., courant, coûte seulement 150 francs. Une spécialité de l'usine est l'*acier étoffé* pour ressorts, au prix de 160 francs; en 1849, son excellence est attestée dans un rapport de M. Chapuis, colonel d'artillerie, directeur général des ate-

DANS LA RÉGION DE SAINT-ÉT

liers de construction des Messageries :
« Les quatre premiers ressorts, faits avec
« d'essais, ont été placés sur une voit
« de Lyon qui a fait depuis cette éj
« de 2.600 lieues, sans que, depuis hui
« éprouvé aucune avarie. » Jusqu'à cett
plovait surtout l'acier cimenté laminé
ressorts de malles-postes (*).

En 1819, les aciéries de la Bérardiè
pour produire annuellement 240 tonnes
raffinés et 30 tonnes d'*acier fondu sou*
nière fabrication, encore inconnue en An
que le procédé d'Huntsmann a déjà été
fectionné depuis son introduction en F
des aciers naturels, d'où résultent ces a
certainement plus délicate que celle des
durs que les fondeurs anglais ont jusqu
ment pratiquée.

De Gallois. — **Forges à l'anglaise et h**
coka. — Le rôle du Service des Mines
Mines de Saint-Étienne dans le dévelo
dustrie métallurgique de la Loire semble
gine, tout à fait prépondérant. Penda
dirige les aciéries de la Bérardiè, de C
en chef des Mines et professeur à l'École d
Étienne, fait un long séjour en Angleterr
méthodes de fabrication du fer et de l'ac
que l'emploi de la houille. Depuis longte
dlage par le procédé de Cort est applicu
anglaises, mais c'est seulement à l'époq
de Gallois que se répand le puddlage s

(*) *Rapport fait au Conseil général des Mines,*
M. GILLET DE LAUMONT, inspecteur général au Corp
Tome IV, 1899.

que Baldwin Rogers vient de réaliser dans le comté de Clamorgan.

De retour en France, de Gallois a pour premier souci de faire appliquer dans le bassin houiller de Saint-Étienne les méthodes nouvelles qui donnent de si bons résultats en Angleterre. Ce sont là cependant des méthodes encore un peu frustes, qui manquent de mise au point; déjà quelques usines du Nord-Est les ont introduites en France, et, par suite du haut prix du combustible, ont apporté de notables perfectionnements dans la méthode de travail. Le puddlage par la *méthode champenoise* devient rapidement, au point de vue économique, bien supérieur au procédé anglais proprement dit. C'est en mettant à profit tous les perfectionnements apportés à l'idée première de Cort que de Gallois fait construire, en 1830, la forge de Saint-Julien, près Saint-Chamond, la première forge à l'anglaise établie dans la Loire (*).

De Gallois ne se borne pas à engager les industriels dans des installations d'usines d'affinage, il veut créer, dans la région, des hauts-fourneaux qui puissent produire les fontes nécessaires à les alimenter. Le premier, il se rend compte de la connexion qui doit exister entre les usines de la Loire et celles de l'Ardèche. D'un côté des minerais de fer, de l'autre le combustible nécessaire au traitement sont à proximité d'une voie navigable; le besoin d'échange doit mettre en relation ces deux régions. Sur ses conseils, un premier haut-fourneau a déjà été élevé à Vienne en 1818. Il est naturel que les usines de fusion soient établies sur le Rhône; à Saint-Étienne, la castine manque, et la montée du Rhône, que doivent effectuer les minerais de l'Ardèche avant un long parcours par terre, rend les transports de minerai à Saint-Étienne onéreux et incertains.

(*) Alphonse PEYRET, *Statistique industrielle de la Loire*, 1835.

On entrevoit alors la possibilité de créer, à Saint-Étienne même, des exploitations de minerai de fer. Dès 1817, de Gallois a constaté dans le bassin houiller l'existence de fer carbonaté lithoïde; il croit à la présence de gîtes importants, et, à son retour d'Angleterre, il s'empresse de provoquer l'installation de hauts-fourneaux au coke. C'est alors que s'installe la forge de Saint-Julien et qu'une Société anonyme dite *Société des Mines de fer de Saint-Étienne*, au capital de 500.000 francs, projette de monter trois hauts-fourneaux pour la fabrication de la fonte et une forge à l'anglaise pour la fabrication du fer.

Le premier haut-fourneau est commencé à Janon, tout près de Terrenoire, en 1821, et mis en feu le 29 octobre 1822; il est alimenté au coke, à l'exclusion complète du charbon de bois. Depuis quarante ans déjà, William Wilkinson a installé au Creusot le premier haut-fourneau au coke qui ait fonctionné en France (1782); mais cet exemple n'a pas été suivi, et le haut-fourneau de Janon est le second fourneau, en France, où l'on tente l'application de la houille carbonisée. Au point de vue technique, les résultats sont très satisfaisants, et, deux ans après, on installe le second fourneau projeté. Mais le capital dont on dispose a été complètement absorbé par cette nouvelle installation, et la Société des Mines de Saint-Étienne doit, pour cette raison, renoncer à la fabrication du fer qu'on estime cependant devoir donner d'excellents résultats.

La coexistence de la houille et du minerai de fer des houillères dans le bassin de la Loire n'est alors nullement mise en doute, et l'on fonde les plus grandes espérances sur la richesse des minerais récemment découverts. C'est ainsi qu'en 1826 il n'y a pas moins de treize hauts-fourneaux en projet :

LOCALITÉS	NOMS DES SOCIÉTÉS	NOMBRE DES hauts-fourneaux projetés
Saint-Julien....	Ardillon et Bessy.....	2
Janon.....	C ^{ie} des Mines de fer de Saint-Étienne.....	1
Chavanay.....	C ^{ie} Ain et Loire.....	1
Givors.....	—	1
Rive-de-Gier....	C ^{ie} Fleur de Lys, Donzel, Neyrand et Fournas.....	3
Lorette.....	Neyrand frères.....	2
Côte-Thiollière.	C ^{ie} Loire et Isère.....	3

À ce moment, les houillères de la Loire sont en pleine activité: en 1825, sur une production totale, en France, 1.172.000 tonnes, elles fournissent à elles seules plus 550.000 tonnes.

Depuis la mise en marche des fourneaux du Janon, on traite les minerais bouillers de Saint-Étienne, entre autres les minerais grillés du treuil, et ceux du Soleil, trèsumineux, qui se trouvent en rognons très aplatis quelquefois au milieu même de la houille. Quant aux minerais du Cros, trop phosphoreux, ils sont le plus souvent utilisables; la teneur des fontes produites atteint en phosphore jusqu'à 7,3 p. 100.

En 1826, on commence à exploiter les minerais de Cour-en-Jarez, minerais hydratés à 33 p. 100 de fer; mais tous ces gîtes sont discontinus, peu importants, et, pour l'alimentation des deux hauts-fourneaux en activité, faut déjà avoir recours à des minerais étrangers. On vient de la Voulte, des minerais hydratés rouges oolithiques de Villebois, à 30-35 p. 100 de fer; on importe les minerais pisolithiques de la Haute-Saône et de Saône-et-Loire (Autrey, Tournus, Mâcon, etc.), à teneur de 30 p. 100 après lavage. Seuls les minerais de la Voulte sont riches, tous les autres sont pauvres; il faut les amener à grands frais et en partie par de mauvaises routes de terre. Il en résulte que leur

DANS LA RÉGION DE SAINT-ÉTIENNE

traitement dans la Loire est loin d'être rémunérateur. C'est ainsi qu'en huit ans, de 1822 à 1830, les fourneaux du Janon conduisent la *Société des Saint-Étienne* à la liquidation; le déficit atteint 2 millions.

Crise de 1825 à 1830. — Les usines d'affinage souffrent, elles aussi, de l'absence du minerai sur la Côte d'Or, du Doubs; elle coûte cher, c'est à peine si le bas prix du combustible permet de lutter avec les forges mieux situées pour l'approvisionnement des matières premières, et les fers anglais même s'introduisent presque dans le Centre de la France. Le haut prix des transports entre le Rhône et Saint-Étienne, à une époque où le chemin de fer n'est pas encore établi, se joignant à toutes les difficultés que rencontre l'industrie naissante, met la fabrication du fer dans le bassin de la Loire, dans un état de crise qui n'a d'autre issue que la ruine complète des établissements. Sans la protection donnée aux fers indigènes par la loi de douane de 1822, qui impose aux fers étrangers un droit de douane de 27 fr. 50 par quintal, l'industrie du fer dans le département de la Loire, après dix années de tentatives infructueuses, eût été ruinée.

Pour pouvoir soutenir la lutte, les maîtres de forges perfectionnent les procédés métallurgiques. Au lieu de coke se fabriquant à l'air, en tas, avec le gros charbon, dès l'année 1823, on commence à carboniser et à brûler la houille menue, et, un peu plus tard, on remplace ce mode encore onéreux par la carbonisation dans des fours à boulanger. On parvient ainsi à réduire de moitié le prix de revient du coke, qui, dans les années postérieures à 1830, n'est plus que de 10 francs la tonne (*).

(*) *Compte Rendu des travaux des ingénieurs des mines en*

L'INDUSTRIE MÉTALLURGIQUE

ormes réductions ont lieu également dans les frais main-d'œuvre; des perfectionnements dans l'outillage tend d'abord de fabriquer, avec la même main-d'œuvre, une quantité plus grande de produits, ensuite le la main-d'œuvre diminue considérablement. Lors création des usines, on n'y employait que des ouvriers travaillant huit heures par jour, et dont le salaire est élevé; plus tard, on confie toute la fabrication ouvriers indigènes travaillant douze heures par avec un salaire beaucoup moindre.

rise dont souffre l'industrie des hauts-fourneaux à Étienne est d'ailleurs purement locale et n'atteint ent les autres usines françaises. Au contraire, au e vue commercial, les débouchés se multiplient par u développement des industries qui exigent beau- e fer; la Marine met en service des câbles en fer, nplace les caisses à eau en bois par des caisses ; on commence même à construire des bateaux fer. On prévoit que les canalisations des usines à surtout *les nouveaux moyens de roulage à larges de fer* et les chemins en fonte de fer vont exiger antités de métal que les anciennes usines seront santes à produire.

si de douane de 1822 contribue beaucoup au main- s prix, qui sont alors beaucoup plus élevés en France ns les pays voisins. Les fers, qui coûtent en Angle- 250 francs la tonne et 350 francs dans les forges n, se vendent couramment en France 550 francs 4; leur prix atteint 700 francs en 1826. Un ren- ement semblable se manifeste d'ailleurs aussi sur tes, dont le prix de vente s'élève à 200 francs 4, à 240 francs en 1825 et à 300 francs en jan- 26.

milieu de tels éléments de prospérité, les conditions s dans lesquelles les hauts-fourneaux de la Loire

s'alimentent en minerai sont insuffisantes pour expliquer les pertes désastreuses qui amènent la ruine de la Société des Mines de fer de Saint-Étienne. Sans doute, dans les premières années, le prix de revient de la fonte, qui s'élève à 250 francs, est beaucoup plus élevé que celui prévu par de Gallois, mais toutes les dépenses sont loin d'être justifiées, et l'on supporte les conséquences de marchés de minerais passés à des prix beaucoup trop onéreux. La cause de la crise résulte surtout d'une gestion imprudente de l'affaire et des pertes réalisées dans l'exploitation des mines de houille. On s'en aperçoit après 1829, lorsqu'une direction plus sage apporte dans la conduite des hauts-fourneaux des économies telles qu'on peut faire des bénéfices, malgré la baisse des prix qui se manifeste alors sur la fonte.

Le chemin de fer de Lyon à Saint-Étienne. — Les hauts-fourneaux après 1830. — Le chemin de fer de Lyon à Saint-Étienne vient également fort à propos modifier heureusement les conditions économiques des usines de la Loire. Déjà, avant 1820, dans ses voyages en Angleterre, de Gallois a étudié les transports sur chemin de roulement en fer; il entraîne les industriels dans un grand mouvement pour la création de voies ferrées analogues, destinées à assurer les communications de Saint-Étienne avec la Loire et avec le Rhône. C'est en s'appuyant sur le groupe financier qui a déjà fourni les capitaux nécessaires à l'installation des aciéries de la Bérardière, que Beaunier construit la première ligne de chemin de fer en France, celle de Saint-Étienne à Andrézieux, sur la Loire, qui, après avoir été concédée en 1823, est inaugurée en 1828.

Les rails sont en fonte; ils pèsent 20^{kg}.500 au mètre courant; ils sont portés par des coussinets en fonte de 3 kilogrammes, espacés de 1^m,13 d'axe en axe et fixés sur des dés en pierre. Plus tard, en 1837, on leur subs-

L'INDUSTRIE MÉTALLURGIQUE

ails en fer laminé, de 18 kilogrammes, établis
es en bois.

les difficultés que doit rencontrer son exécu-
ne de Lyon à Saint-Étienne préoccupe tous les
de la région; elle est concédée en 1825, et
de 1826 à 1833, à peu près avec le tracé actuel.
ont en fer laminé de 13 kilogrammes, portés
ussinets en fonte montés sur des dés en pierre;
rplace successivement par des rails à section
ire d'abord de 26 kilogrammes, ensuite de
mmes, mais ce n'est qu'en 1841 qu'on adopte
uble champignon de 30 kilogrammes, de 4^m,60
r, reposant sur des traverses en bois.

ne, les trains descendent seuls de Saint-Étienne
Gier; chaque voiture a son frein, et on pousse
pour le démarrage. Partout ailleurs la traction
chevaux. Déjà, en 1829, Marc Séguin, devan-
enson, a l'idée d'appliquer la chaudière tubu-
s de fumée à la production de la vapeur sur les
s, mais c'est seulement dix ans plus tard que
rpilleux réalise la traction mécanique de Rive-
Saint-Étienne à l'aide de locomotives-tenders
ntion.

nc, peu après 1830, la région de Saint-Étienne
hône par une voie ferrée. Le transport des
, auparavant par terre, en moyenne, 15 francs
our 10 lieues de France; le cahier des charges
ession du chemin de fer stipule que le tarif à
ic devra pas dépasser 0 fr. 12 par tonne kilo-
e Givors à Rive-de-Gier, et 0 fr. 13 de Rive-
aint-Étienne. L'ouverture de la nouvelle ligne,
si presque immédiatement après la découverte
de l'air chaud dans les hauts-fourneaux, ouvre
de la Loire, et en même temps à celles de
l'Ardèche, une ère toute nouvelle.

En ce qui concerne la fabrication de la fonte, le chemin de fer, remplaçant les transports si dispendieux effectués jusque-là par de mauvaises routes de terre, produit une économie de 25 p. 100 sur les transports du minerai et de la castine. L'emploi de l'air chaud réduit notablement la consommation de combustible et augmente la production journalière ; de nouvelles économies résultent encore de l'emploi partiel des scories de forges. Les hauts-fourneaux de la Loire sont les premiers, — après le haut-fourneau de Rioupéroux, dans l'Isère, — sur lesquels on tente, en France, l'application de l'air chaud. Vers 1830, un *calorifère* est établi au Janon ; peu de temps après, on applique à son chauffage les gaz du guenlard. Il en résulte un abaissement de la consommation du coke de 2.500 à 1.500 kilogrammes par tonne de fonte ; en même temps, l'addition de castine est réduite de 1.200 à 600 kilogrammes. L'économie ainsi réalisée est supérieure à 12 francs par tonne de fonte.

Les conditions économiques de la fabrication de la fonte, ainsi améliorées, sont alors considérées comme extrêmement favorables, et cela d'autant plus, qu'on a encore confiance dans l'avenir des minerais de fer de la région. Dans la *Statistique industrielle* de 1835, Alphonse Peyret s'exprime dans les termes suivants : « Nous avons
« sur les lieux les meilleures houilles qui soient en
« France et des minerais de fer de bonne qualité ; à la vérité, nous sommes obligés de tirer du dehors une partie
« des minerais et la castine ; mais, par suite de l'amélioration des communications, la dépense du transport n'entre
« pas pour plus de 30 francs par tonne de fonte dans la
« valeur de toutes les matières consommées, et, quant
« à la réduction de la fonte en fer, l'excellence et le bas
« prix de notre combustible, ainsi que de la main-d'œuvre,
« nous placent, sous ce rapport, dans les circonstances
« les plus favorables qu'il soit possible de trouver. »

ou en acier de cémentation; dès l'origine, on trie et on classe avec le plus grand soin, suivant leur dureté et leur qualité, les barres destinées à la confection des paquets, et les produits obtenus à Unieux peuvent bientôt rivaliser avec ceux de la Bérardière. En 1840 seulement, les usines Jacob Holtzer entreprennent la fabrication des aciers fondus au creuset, qui a pour conséquence l'installation de fours à cémenter; on emploie exclusivement des fers de Suède, qui constituent alors la meilleure matière première pour la fabrication des aciers fondus de première qualité.

Les forges à l'anglaise. — En même temps que Jackson s'applique surtout à développer l'industrie de l'acier au creuset, de nombreuses forges à l'anglaise s'installent dans la région. Deux ans après que Bessy a monté la forge de Saint-Julien, la *Compagnie anonyme des Fonderies et Forges de la Loire et de l'Isère* crée, en 1822, l'usine de Terrenoire, qui est mise en marche en 1823. Dès l'origine, elle est la plus grande forge de la région: elle ne comprend pas moins de quatorze fours à puddler et de deux feux d'affinerie; le travail mécanique des loupes et l'étirage des fers marchands sont obtenus à l'aide d'un gros marteau, d'un laminoir dégrossisseur et de douze jeux de laminoirs. La production annuelle peut y atteindre 10.000 tonnes, et la force motrice est fournie par trois machines à vapeur d'une puissance totale de 131 chevaux.

La *Société de la Loire et de l'Isère* est alors une des plus grosses affaires métallurgiques en France. Outre l'usine de Terrenoire, elle possède le haut-fourneau de Vienne, dans l'Isère, qui marche en fonte de moulage, et, dès 1826, elle commence à la Voulte la construction de quatre hauts-fourneaux. C'est là une création nécessaire, car les fontes, obtenues à Terrenoire avec les minerais

houillers du bassin de Saint-Étienne de qualité très inférieure mélangés avec les minerais calcaires pauvres du département de l'Isère, ne donnent au puddlage que des fers de très médiocre qualité. C'est seulement lorsque la fabrication de la fonte est installée à l'usine de la Voulte qu'on peut arriver à produire des fers de qualité convenable, qu'on désigne alors dans le commerce sous le nom de fers de la Voulte.

En 1835, on établit comme suit le prix de revient du fer puddlé à l'usine de Terrenoire pour une production de 8.000 tonnes :

	Francs.
Fonte, 1.400 kil. à 100 francs.....	140
Houille, 3.500 kil. à 6 francs.....	18
Main-d'œuvre.....	35
Administration, 20.000 francs.....	2,30
Réparations et amortissement, 40.000 francs..	5
Intérêt du capital engagé (immobilisation, 400.000 francs; roulement, 1.200.000 francs).	10
Prix de revient total.....	210,50

Après Terrenoire, la forge à l'anglaise la plus importante est celle créée à Lorette, en 1824, par MM. Neyrand frères et Thiollière. Elle est munie de dix fours à puddler et de deux feux de finerie. Quatre laminoirs à barreaux et trois laminoirs à petits fers complètent son outillage. A peu près à la même époque, quatre autres ateliers de puddlage sont installés à Izieux, sur le Gier, mais chacun d'eux ne possède que un ou deux fours à puddler.

Résultats généraux de la période de 1815 à 1840. — La métallurgie à la houille prend donc très rapidement, dans la région, un grand développement. Grâce à l'esprit d'initiative, à l'énergie et à la persévérance des promoteurs des nouveaux procédés, Jackson, Milleret, Beaunier,

Leur ancienne usine de Trablaine, qui est alors aux mains de M. Bouvier, n'a plus qu'une faible production. En 1838, la production totale des aciéries Jackson, Assailly et la Bérardière, est de 900 tonnes, comprenant :

Acier à ressorts	500 tonnes
Acier fondu	300 —
Acier cimenté	100 —

A la même époque, les autres aciéries en activité dans la Loire produisent :

Jacob Holtzer, à Unieux	100 tonnes
Holtzer aîné et fils, à Cotalay	20 —
Debrye et Dumaine, à Saint-Étienne ..	120 —
Bouvier, à Trablaine	60 —
Plate et Rozet, à Saint-Etienne ...	50 —

Si l'on évalue à 7 fr. 50 par tonne de fonte et à 10 francs par tonne de fer l'intérêt des capitaux engagés dans l'industrie métallurgique, les conditions économiques de la fabrication de la fonte et du fer dans la Loire peuvent être résumées comme suit (par tonne) :

ANNÉE	FONTE		FER	
	Prix de revient	Prix de vente	Prix de revient	Prix de vente
1823	250	190	440	440
1824	230	170	430	435
1826	200	250	380	550
1828	180	180	320	420
1830	130	150	270	350
1832	110	140	240	280
1834	100	150	210	240

III

PÉRIODE DE 1840 à 1860.

Pétin et Gaudet. — Le marteau-pilon. — Par suite de l'augmentation constante des demandes, par suite aussi de l'abaissement des prix de revient, les usines de la Loire sont toutes très prospères en 1840. On a renoncé, il est vrai, aux espérances que, quelques années auparavant, on avait fondées sur le traitement aux hauts-fourneaux des minerais houillers; les usines de dénaturation ne craignent plus cependant de manquer de la fonte qui leur est nécessaire et qu'elles peuvent faire venir à bas prix de l'Ardèche ou du Berry.

C'est dans ces conditions que s'installe à Rive-de-Gier, en 1837, une petite forge qui sera le point de départ de l'une des usines métallurgiques actuellement le plus puissamment outillées en France. Hippolyte Pétin et son ami Gaudet sont les créateurs de la nouvelle forge. Né en 1813, et sorti de l'École d'Arts et Métiers de Châlons en 1831, Hippolyte Pétin fait la connaissance de J. Gaudet, ouvrier forgeron, dans un atelier de construction de Lyon, où tous les deux sont employés. Un peu plus tard il travaille comme dessinateur dans les ateliers de Verpillieux, à Rive-de-Gier; puis il s'associe avec Gaudet pour créer à Rive-de-Gier un petit atelier de puddlage, qu'ils établissent avec quelques centaines de francs qu'ils ont économisés.

Achetés sur les bénéfices réalisés, quelques nouveaux outils viennent augmenter l'importance de la forge encore très modeste, et, dès 1840, Pétin se rend au Creusot pour étudier le fonctionnement du marteau-pilon à vapeur qui vient d'être construit par Bourdon, ingénieur des aciéries du Creusot. On a quelquefois attribué à Nasmyth

DANS LA RÉGION

L'utilisation de la chaleur et le développement qués au forgeage et au laminage dans toutes les usines de France, le rail *Barlow*; l'usine de Reims 23.000 kilogrammes pour le

Pétin et Gaudet sont alors les premiers forgerons de France. Gaudet est chargé de réaliser l'idée, et d'entourer les navires d'un revêtement qu'il s'adresse naturellement aux navires sortent donc, en 1860, peu près à la même époque que Creusot. Il s'agit, il est vrai, de 10 à 12 centimètres d'épaisseur, 5 mètres de long, que l'on chauffe dans des tantes destinées à l'attaque et forgées au pilon, mais déjà Pétin et Gaudet ont la possibilité de plaques plus grandes dimensions. Ils ne tardent pas à l'application du laminoir à la

A cette époque, on croit que l'action que sur les aciers c'est la trempe à l'eau une fois qu'ils ont été forgés. Gaudet reconnaissent, au contraire, par la trempe à l'eau une fois qu'ils ont été forgés, immédiatement l'idée d'appliquer le blindage qu'ils fabriquent en tenue secrète, assure pendant ce temps Saint-Chamond une supériorité songe à contester. On peut dire que l'ingénieur suédois, convaincu qu'il fabriquait dans son pays une lente qualité, vint proposer à Gaudet de lui fournir des blindages satis-

chemins de fer alors à leur début, la Marine, l'Artillerie.

A peu près à la même époque, en 1852, l'usine d'Unieux introduit en France le procédé de puddlage de Wolf et Langwiller, permettant de produire des aciers soudables suffisamment durs pour remplacer l'acier cimenté dans la fabrication des ressorts, des aciers corroyés, la taillanderie, l'aciérage des outils et beaucoup d'autres usages, et cette nouvelle fabrication contribue grandement à la prospérité des établissements Jacob Holtzer et C^{ie}.

L'industrie métallurgique se trouve ainsi en possession de métaux présentant des propriétés nouvelles dont l'usine de Rive-de-Gier sait tirer un très grand parti. En 1849, Pétin et Gaudet prennent un brevet pour le laminage des bandages sans soudure, à l'aide de cylindres horizontaux mobiles et en porte-à-faux. C'est là une solution mécanique extrêmement remarquable pour une fabrication qui intéresse au plus haut point la sécurité sur les chemins de fer. Elle ne peut être pratiquement appliquée qu'avec ce fer à grain fin, dur et résistant, que l'on peut alors produire sans difficulté avec les fontes au bois provenant du Berry.

Vers la même époque, à la suite des études dirigées par les généraux Frébault et Virgile et par le colonel Maillard, l'Artillerie de Marine est amenée à reconnaître l'importance du fretage des corps de canons. Il faut, pour réaliser le desideratum formulé, un métal résistant, élastique, très homogène. Le fer à grain fin, enroulé sans soudure, est ainsi tout indiqué, et Pétin et Gaudet ne tardent pas à fabriquer des frettes présentant toutes les qualités désirables. C'est ainsi qu'en 1859 ils construisent dans l'usine de Saint-Chamond, qu'ils ont récemment créée, et où ils ont installé les nouvelles fabrications, un canon de 16 centimètres en acier forgé, se chargeant par la culasse. La pièce, exécutée sur les plans du colonel Treuille de Beau-lieu, a 4^m,50 de longueur ; elle pèse 4.600 kilogrammes et

DANS LA RÉGION DE SAINT-ÉTIENNE

On assiste successivement à la création d'usines des frères Deflassieux (1849), à l'installation de pilons de MM. Russery et Lacombe, au presque instantané des établissements des Associés à M. Arbel, les frères Deflassieux perfectionnent la roue en fer forgé obtenue d'abord par matriçage; l'usage des roues de wagon répand rapidement, et l'on fabrique alors la roue puis la roue de locomotive avec contrepoids de forge, dont la fabrication difficile est ainsi la première fois, présentent cependant une nouveauté que les Compagnies de Chemins de fer les hésitation.

C'est à Rive-de-Gier même que s'installent les six frères Marrel, qui abandonnent leur usine de Saint-Martin-la-Plaine, reliée au chemin de fer par des chemins peu accessibles, pour des usines dans la vallée du Gier, où ils peuvent plus facilement le forgeage des grosses pièces. Un premier marteau de 2.500 kilogrammes est bientôt suivi de plusieurs autres. Dès 1855, on met en marche un marteau de 10.000 kilogrammes, plus puissant outil de forge de l'époque. Et pour se rapprocher des chantiers de construction qui constituent déjà une partie de leur clientèle, ils achètent les forges de la Capelette, près d'Albion, et installent des laminoirs à blindages, à tôle et à bois, mais, dix ans après, ils ramènent ces fabrications dans leur milieu mieux approprié et construisent à l'Étang, près Rive-de-Gier.

Les nouvelles aciéries. — Tandis qu'à Rive-de-Gier se développent d'une manière si remarquable les usines du marteau-pilon que, dix ans à peine après leur introduction dans la Loire, plusieurs usines pour la production du fer et de l'acier se montent au voisinage

L'INDUSTRIE MÉTALLURGIQUE

Firminy, créée en 1854, entre tout de suite dans une très grande prospérité. Le fondateur, en même temps, à l'origine, le directeur ; la firme est *Verdié et C^{ie}* ; la Société a surtout pour objet l'obtention d'un brevet pour la fabrication du *propre* *propre* d'acier fondu au creuset coulé sur fer. En 1855, on comprend que les rails en fer puddlé ont qu'une durée limitée : le métal mixte de fer et d'acier permet de fabriquer des rails à tête formée.

C'est là le résultat qu'envisage Verdié, et les avantages de cette application de l'acier fondu sont très importantes, si la fabrication de l'acier Bessemer n'était pas venue ultérieurement remplacer l'emploi de l'acier fondu en grandes masses. *Tammel-Wilson* et *John Brown-Ellis*, qui ont obtenu tard un réel succès dans des épreuves de tirage, sont d'ailleurs autre chose que le métal puddlé.

En 1856, l'usine de Firminy multiplie ses fabrications : elle produit des aciers pour outils, des fers fins de qualité obtenus par puddlage ; la fabrication des rails pour le chemin de fer devient rapidement importante. Elle s'occupe tout d'abord de donner pour base à son produit il vient de créer des matières premières de première qualité. Il suit en cela l'exemple de ses voisins et la réputation pour les aciers fondus, les fontes et les aciers puddlés va chaque jour

En 1840 à Unieux, par Jacob Holtzer, la fabrication de l'acier fondu s'y développe rapidement. On ne trouve plus que des fontes de Ria (Hautes-Pyrénées), des fontes de première marque, des fers de Suède affinés dont l'excellente qualité permet d'obtenir des aciers et des aciers fondus qui rivalisent avantageusement avec les meilleures marques de Sheffield.

DANS LA RÉGION DE SAINT-ÉTIENNE

En 1857, avec le concours des établissements où cette industrie a pris naissance, les Claudinon et Charrin introduisent la fabrication des cloches en fonte ; ils sont ainsi les premiers dans la Loire même en France à faire des objets en fonte.

C'est encore de la période antérieure que datent les établissements Claudinon au Charbon et MM. Claudinon et Charrin achètent les Bargette et des Platanes, sur l'Ondaine, pour la fabrication des fers marchands et des rettes. En 1856, l'usine comprend quatre hauts-fourneaux ; en 1860, on installe la fabrication de l'acier cémenté, acier fondu. La Société sociale est alors *Compagnie des Forges Chambron-Feugerolles*, achète ses fontes aux hauts-fourneaux du Pouzin et de Givors ; l'acier provient surtout des hauts-fourneaux dont le propriétaire, M. Prénat, a une nouvelle Société. Bientôt on aborde la fabrication des enclumes, des bigornes, des étaux.

Formation des grandes Sociétés métallurgiques. Les industriels de la Loire se préoccupent d'assurer leur approvisionnement en fontes d'excellente qualité. Pétin et Gaudet tirent une partie de leurs fontes des hauts-fourneaux à Toga, en Corse ; ils achètent également des fontes à l'usine, d'où ils font venir les fers au bled nécessaires. Les capitaux ainsi immobilisés sont considérables, et cependant l'augmentation de la puissance de l'outillage exige chaque jour de nouvelles immobilisations.

Pétin et Gaudet sont à la tête de l'industrie métallurgique de la région ; à côté de leurs usines prospèrent des forges et des aciéries.

DANS LA RÉGION DE SAINT-ÉTIENNE

pilleux remontent à très bon compte les fontaines jusqu'à Givors.

En 1860, la production des fers dans la Loire est près de 10 p. 100 de celle de la France entière. La statistique du Service des Mines accuse les chiffres suivants :

	Loire.	France.
Acier puddlé.....	9.232 tonnes	16.917
Acier de cémentation..	3.056 —	6.413
Acier fondu.....	5.418 —	6.517
Total.....	17.706 tonnes	52.454

La production totale des fers, en France, est de 744.645 tonnes.

A la même date, la Loire livre au commerce les 2/3 des aciers produits en France, et l'on trouve les chiffres suivants :

Fers marchands à la houille...	53.192 tonnes
Rails	8.844 —
Tôles produites avec des fers à la houille.....	4.463 —
Fil de fer... ..	835 —
Total.....	67.534 tonnes

La plupart des grandes usines sont déjà exploitées par la Société Jackson frères, Pétin-Gaudet et C^{ie} pour les usines à Saint-Chamond, à Rive-de-Gier, à Anvers en Corse, à Vierzon. Les aciers fondus surtout à Assailly, à Unieux et à Firminy. Le laminage pour acier s'est rapidement répandu dans les forges, et les aciers puddlés ont déjà reçu les applications les plus diverses. Les nombreuses forges de Rive-de-Gier rivalisent entre elles pour la fabrication des produits les plus difficiles ; les gros pilons de Pétin-Gaudet à Saint-Chamond, et des frères Marrel pour forger des pièces de plus de 25 tonnes.

L'INDUSTRIE MÉTALLURGIQUE

. Société est d'ailleurs encore assurée par les hauts-fourneaux au bois de Toga (Corse), qui traite les minerais de Sardaigne, de l'Espagne et d'Algérie, et dont la production est de 100 000 tonnes, et par l'usine de Clavières, dans laquelle les deux hauts-fourneaux sont alimentés avec les minerais pisolithiques des environs de Châteauneuf. Cependant, en 1873, un haut-fourneau est installé à Givors même; mais on le démolit presque aussitôt par suite de sa mauvaise marche, et la production des usines de la Compagnie des Forges et Chantiers de la Marine est alors, à partir de cette époque, entièrement demandée aux hauts-fourneaux de la région de Givors.

Le procédé Bessemer. — L'acier doux. — Grâce aux minerais qui arrivent maintenant à des prix suffisamment bas, on peut remettre de produire à bon compte des fontes de qualité supérieure au convertisseur, le procédé Bessemer, dès son origine, peut se développer rapidement en France. On vient récemment de l'appliquer à Dowlais, dans le Pays de Galles; mais l'affinage est tellement rapide qu'une durée de quelques minutes plus ou de moins dans l'opération donne du fer ou, au contraire, un acier insuffisamment affiné. L'arrêt de l'opération au moment voulu est la principale difficulté à laquelle se heurte le nouveau procédé, pour que celui-ci devienne pratique, il faut la possibilité de l'addition finale qui permet de raffiner le fer, tout en augmentant notablement sa teneur

en carbone. En Angleterre, dans le Lancashire, le nouveau procédé est immédiatement appliqué aux fontes d'hématite et il donne d'excellents résultats; il se développe rapidement dans les autres centres métallur-

giques anglais ; les minerais du Cleveland, notamment, sont trop phosphoreux pour le traitement au convertisseur. Plus tard seulement l'importation des minerais de Bilbao a pour effet de multiplier les ateliers Bessemer dans toute l'Angleterre.

Dans la Loire, on observe d'abord une certaine défiance à l'égard d'un procédé qui paraît trop expéditif pour donner des résultats bien certains ; mais, dès que Gruner fait connaître le rôle de cette addition finale qu'il a vu appliquer en Angleterre, les industriels comprennent tout le parti qu'on peut tirer du procédé. En 1861, Gaudet, qui vient de recevoir la visite de Bessemer, se rend en Angleterre, et, dès son retour, la Société Pétin-Gaudet, la première en France, importe le procédé Bessemer et installe dans son usine d'Assailly deux convertisseurs de 5 tonnes. C'est là une industrie toute nouvelle, au début de laquelle on trouve naturellement une assez longue période de tâtonnements. Les produits sont d'abord irréguliers, et ce n'est qu'au bout de deux ans que le procédé est mis au point ; dès ce moment il entre dans la pratique courante et donne alors de remarquables résultats.

Un peu plus tard deux grands convertisseurs de 10 tonnes sont installés aux usines de Saint-Chamond, qui peuvent alors produire des lingots de 20 tonnes en acier Bessemer.

La Société de Terrenoire suit immédiatement l'exemple de la Société Pétin-Gaudet dans l'application du procédé Bessemer. Des convertisseurs sont installés à l'usine de Terrenoire, et l'expérience acquise à l'usine d'Assailly permet d'obtenir tout de suite des résultats pratiques. Dans la fabrication des rails, la réussite est parfaite, et les produits obtenus se substituent immédiatement aux anciens rails en fer soudé. Il s'agit là, il est vrai, d'aciers notablement carburés que l'addition finale de *spiegel* donne assez facilement ; mais bientôt l'usine de Terrenoire tente

au convertisseur la fabrication de l'acier doux, et, la première en France, elle produit des tôles en métal extra-doux Bessemer. Les résultats ne donnent pas d'abord une sécurité complète ; mais, peu après 1867, on arrive à des produits bien réguliers présentant des résistances et des allongements tout à fait satisfaisants.

L'année 1865 marque d'ailleurs pour l'usine de Terrenoire le commencement d'une période de transformation. Jusque-là la *Société des Fonderies et Forges de Terrenoire, la Voulte et Bessèges*, s'est exclusivement occupée de la fabrication des fers ordinaires ; à partir de cette époque, et grâce aux minerais de Mokta, elle aborde avec succès la fabrication des fers et des tôles de qualité supérieure. Puis, lorsque le procédé Bessemer fonctionne régulièrement, les recherches entreprises pour la fabrication des aciers extra-doux donnent lieu à des travaux qui constituent un grand progrès dans la fabrication des aciers fondus.

Jusqu'alors le raffinage des aciers Bessemer suroxydés se fait toujours à l'aide de *spiegel*, c'est-à-dire à l'aide d'un produit tenant, en même temps que du manganèse, une proportion élevée de carbone. Le raffinage est, par suite, accompagné d'une recarburation inévitable, et le métal obtenu, bon pour la fabrication des rails, est impropre à la fabrication des tôles, cornières, etc... Pour obtenir des aciers doux, il faut employer comme addition finale du ferromanganèse à forte teneur en manganèse, 70 et même 80 p. 100, permettant, pour une quantité de manganèse déterminée, de n'introduire dans le métal qu'une très faible quantité de carbone.

C'est à Terrenoire qu'est prise l'initiative de l'application du *ferromanganèse* au raffinage des aciers. On y emploie d'abord un alliage à 25 p. 100 de manganèse, acheté en Angleterre et produit par Henderson sur la sole d'un four Siemens, puis cette fabrication est mise en

pratique à l'usine même. On utilise quatre fours Siemens à sole en graphite; deux sont toujours en réparation; la matière première est demandée aux usines à chlore; elle est formée par l'oxyde régénéré qui constitue un des résidus de la fabrication. Mélangée à du minerai de Mokta, à 10 p. 100 de brai sec, à 15 p. 100 de houille et à un peu de spath-fluor, elle est introduite dans le four à l'état de briquettes déjà chauffées au rouge dans un four dormant; suivant la teneur en manganèse qu'on veut obtenir, on ajoute après fusion du spiegel en plus ou moins grande proportion. Un peu plus tard on arrive à produire au creuset des alliages à 80 p. 100 de manganèse.

La fabrication des aciers Bessemer extra-doux est ainsi rendue possible, et, dès l'année 1868, l'usine de Terrenoire livre à la Compagnie transatlantique 300 tonnes de tôles pour chaudières dont les résultats d'épreuve à la traction indiquent 40 à 42 kilogrammes de résistance à la rupture avec un allongement de 28 à 30 p. 100.

Les recherches de l'usine de Terrenoire sur la fabrication des alliages de fer riches en manganèse se poursuivent d'ailleurs en grand dès qu'on applique les appareils Cowper au chauffage de l'air des hauts-fourneaux. On produit successivement au haut-fourneau des fontes manganésées, des ferromanganèses, des fontes siliceuses, des silico-spiegels, toutes fontes spéciales dont les applications au raffinage des aciers doux et à la fabrication des aciers sans soufflures permettent de réaliser des progrès importants dans la métallurgie de l'acier fondu, que celui-ci soit obtenu par le procédé Bessemer ou par le procédé Martin d'invention alors toute récente.

Le procédé Siemens-Martin. — Les aciers sans soufflures. C'est en effet vers 1862 que le principe de la récupération par des chambres à briques, appliqué aux fours à

L'INDUSTRIE MÉTALLURGIQUE

re, donne la possibilité d'obtenir de très hautes températures. Les usines de fusion au creuset, Firminy, Aubon, Assailly, Unieux, vont alors bientôt substituer les fours à gaz aux anciens fours à coke ou à anthracite. Le premier four est d'abord construit aux aciéries de Firminy, au commencement de 1865; un second y est construit en 1866. Un peu plus tard, en 1868, les aciéries de Chambrun, au Chambon, installent, elles aussi, un four Siemens, et les résultats obtenus sont tellement satisfaisants que Siemens, reconnaissant qu'il est par là aidé à augmenter la valeur de son brevet, abandonne toute rede-

même époque, on expérimente le procédé de la sur sole à l'usine de Sireuil, dans un petit four à coke; mais c'est l'usine de Firminy qui réalise la première application industrielle du procédé Martin et montre tout le parti que l'on peut en tirer. C'est là une étape très importante dans la métallurgie de l'acier; elle permet ainsi les chutes et les rebuts provenant du laminage des rails et des autres produits; mais la fusion au four Martin rend surtout aux usines de la Loire les plus grands services dans la fabrication des fers et des aciers de qualités spéciales, que l'appareil Bessemer, trop expérimenté, ne peut donner à coup sûr avec des compositions déterminées.

À l'usine de Firminy, le procédé Martin devient rapidement pratique; on obtient immédiatement, d'une façon courante, des aciers de qualités diverses et de diverses nuances de dureté. Les premières fabrications faites sont les rails, les bandages, les essieux et le matériel de chemin de fer dont les commandes sont fournies par l'influence dans les différentes Compagnies de chemin de fer d'un certain nombre de ses administrateurs, entre autres de P. Talabot.

Le procédé Martin-Siemens est ensuite appliqué dans les

L'INDUSTRIE MÉTALLURGIQUE

estimable, que le mérite de cet autre qui garde pour lui les perfectionnements qu'il peut apporter aux outils ou aux méthodes qu'il doit lui-même à la publication des découvertes antérieures?

Même si qu'il en soit, les usines de Saint-Chamond, de Terrenoire, de Firminy, rivalisent dans la production de méthodes intéressantes et dans la mise en œuvre de nouveaux procédés de fabrication. A la fin de 1874, Firminy, devant en quelque sorte l'application des procédés de réduction directe qui sera plus tard faite avec assez de succès aux États-Unis, tente la production de l'éponge de fer destinée à être ajoutée à la fonte pour la fusion au four Martin. La réduction, obtenue par le procédé indirect, s'effectue par le charbon de bois dans des cornues verticales chauffées à la houille. Les essais durent quelque temps, mais les prix élevés du charbon de bois et des fers importés de Carthagène et d'Algérie ne permettent pas d'abaisser le prix de revient de l'éponge de fer au-dessous de 135 francs par tonne.

À Saint-Chamond, Pernot, chef de fabrication, imagine d'installer sur une sole mobile la sole des fours à gaz, et cette innovation est pendant longtemps très en faveur dans la Loire pour le puddlage des fontes et pour la fusion des aciers au four Martin; les fers puddlés obtenus au four Pernot sont toujours réputés de qualité supérieure à ceux que donne le procédé courant du puddlage dans les fours à sole.

Les publications de J. Euverte, à la suite de nombreux essais faits à Terrenoire sur les aciers obtenus au four Martin, contribuent surtout à faire connaître les propriétés des métaux fondus. L'usage des alliages riches en manganèse, des ferro-manganèses pour la fabrication des aciers doux, permet, après de longues et laborieuses recherches, de mettre en lumière la règle suivante, créée d'abord, en 1874, devant la Société des Ingé-

ait été réalisée dès 1867-1868 par l'usine Saint-Jacques, à Montluçon, tandis que les résultats obtenus à Terrenoire dans la fabrication des projectiles de rupture pour l'attaque des plaques de blindage datent de 1869. Quelques années plus tard, l'usine de Saint-Chamond aborde elle-même la production de la fonte dure qu'elle applique surtout à la fabrication des blindages, et bientôt des plaques de fonte durcie, dont le poids atteint jusqu'à 50 tonnes, assurent à la France des défenses très efficaces pour ses fortifications permanentes.

La fabrication délicate des projectiles en fonte dure est à Terrenoire le point de départ d'une découverte très importante, celle de la production des aciers sans soufflures. La fonte dure est obtenue par la fusion au four Martin d'une fonte très grise à laquelle on ajoute de bons riblons d'acier; lorsque le bain est à un état convenable, on coule, et, s'il s'agit d'un projectile, la pointe est coulée en coquille, et la partie cylindrique en sable. On reconnaît bientôt que, dans certains cas, le métal coulé est rempli de petites soufflures, et l'opération est manquée; un examen attentif montre que ces soufflures se produisent d'autant plus que la fonte initiale contient moins de silicium. L'action du silicium sur la coulée du métal est ainsi mise en évidence; immédiatement le dosage du silicium dans la fonte initiale permet de déterminer l'addition de riblons qu'on ne doit pas dépasser, et l'on obtient normalement des projectiles en fonte dure sans soufflures.

La découverte de l'action du silicium sur l'acier fondu n'est cependant pas alors une nouveauté. Déjà, en France, la présence du silicium dans les aciers au creuset, et surtout dans les aciers styriens, où la nature du graphite employé pour faire les creusets en favorise l'introduction, a déjà été reconnue par Boussingault et signalée aux usines d'Unieux, qui ont pu se rendre compte de l'influence du silicium, en

DANS LA RÉGION DE

présence du manganèse, sur les plus tard en 1867, les usines exposé à Paris des pièces notamment des croisements et que le silicium est un des éléments Bessemer a pris, en 1861, une solution; même avant cette date, notamment Fairbairn, ont indiqué. Mais tous les procédés de l'opinion générale est qu'on ne fait que des aciers durs, et Terrenoire, on ne peut en effet mouler dont la charge de rupture grammes avec un allongement

Bientôt on reconnaît que l'acte est tellement efficace que si celui-ci est la coulée; pour produire des alliages riches en silicium, l'on puisse ajouter au moment de la coulée de silicium, tout en injectant du carbone dans le bain. C'est ainsi qu'on produit industriellement des alliages de silicium et du manganèse, par exemple 100 p. de silicium, 14,50 p. de carbone, dont l'introduction dans la coulée donne d'une manière des moulages sans soufflures. L'état va résulter un grand développement des moulages d'acier, qui prend place si importante (*).

Le travail mécanique des métaux par les nouveaux procédés de

(*) *Comptes Rendus des réunions de la Commission d'Euverte, 1877.*

Martin peut alors être produit au degré de carburation voulu et sans soufflures. Ses applications se multiplient ; la Guerre, la Marine demandent des bouches à feu de diamètre de plus en plus grand ; les épreuves de la Spezzia victorieusement subies par le Creusot, qui propose des plaques de 55 centimètres pour le cuirassement des navires italiens *Duilio* et *Dandolo*, met au premier rang les blindages entièrement en acier fondu. Mais l'outillage pour la manœuvre et le travail mécanique de ces énormes lingots dont le poids dépasse 50 tonnes devient insuffisant ; on prévoit des pièces plus lourdes encore, et, en 1880, l'usine de Saint-Chamond, précédée en cela seulement d'un an par le Creusot, établit un marteau-pilon de 100 tonnes desservi par des grues de 150 tonnes.

En même temps l'on aborde dans la Loire, la fabrication des gros canons en acier de la Marine ; les usines de Saint-Chamond, celles de MM. Marrel, sont les plus puissamment outillées ; elles produisent des tubes de 38 tonnes pour canons de 42 centimètres ; les canons de la Guerre sont également entrepris par les usines de Saint-Étienne, de Firminy, et l'usine du Marais livre même des frettes-tourillons pour canons de 42 centimètres.

Les Aciéries de Saint-Étienne, ou usines du Marais, dont il est ici question pour la première fois, datent seulement de 1865. La raison sociale est *Compagnie des Fonderies, Forges et Aciéries de Saint-Étienne*. Au point de vue technique, le créateur est Barrouin, ancien directeur des Forges du Creusot jusqu'en 1853, et de 1853 à 1865, ingénieur en chef de la Société Pétin, Gaudet et C^{ie}. La nouvelle usine est donc tout d'abord établie sur un type à peu près analogue à celui des usines Pétin-Gaudet, avec un outillage moins puissant. Elle acquiert rapidement une situation importante dans la région, au point de vue de la perfection des produits et de la régularité de la qualité. Dès le début, la fabrication des bandages en

DANS LA RÉGION DE SAINT-ÉTIENNE

acier puddlé est soignée d'une façon tout à fait lière ; ses bandages qualité Wickers réussissent prendre une place importante dans les Compagnies des chemins de fer.

La fabrication des tôles est surtout une des spécialités de cette usine, qui fabrique avec une égale perfection les tôles de fer et les tôles d'acier. L'usine du Mail rend ainsi un très grand service à toutes les industries en fabriquant des tôles de chaudières dans lesquelles on peut avoir toute confiance.

Les aciers au creuset. — L'acier chromé. — Pour les aciers Bessemer et Martin prennent dans la région une si grande extension, la fabrication des aciers a continué à se perfectionner de jour en jour. Déjà, en 1854, l'usine d'Assailly livrait des canons de fusil forés à la fabrication d'armes ; mais cette fabrication se développa en 1866, au moment de la création du type C. L'outillage est alors augmenté de telle sorte qu'aujourd'hui on peut livrer 600.000 canons de fusil.

Il est d'ailleurs à remarquer que les renouvellements de l'armement de l'infanterie étant faits exclusivement dans la région de Saint-Etienne (canons de fusil, armatures, baïonnettes, sabres), chaque modèle nouveau de fusil correspond à une grande activité dans la région. Le fusil modèle 1873, le fusil modèle 1886 (Lebel) indiquent par leur production même une recrudescence dans la production pour les années suivantes. Les armatures et pièces détachées sont surtout en acier Martin ; mais, pour les canons et sabres, on n'emploie que des aciers au creuset. Les usines d'Unieux livrent plus de la moitié des canons que demandent les manufactures d'armes de la région de fabrication du fusil Lebel.

Les suites de la guerre de 1870 ont d'ailleurs exercé une grande influence sur le développement métallurgique de la région.

DUSTRIE MÉTALLURGIQUE

alutaire émulation entre les diverses
liser d'efforts pour doter la France d'un
a supériorité impose le respect aux
les expériences et les innombrables
tillerie dans les réceptions du matériel
user sous les yeux des ingénieurs une
nées qui conduisent à de très grands
iverses fabrications.

arquables études de A. Brustlein, direc-
Unieux, amènent ces usines à produire
et des aciers chromés qui présentent des
nce et de dureté jusqu'alors inconnues.
ison Holtzer, en acier chromé et trempé
iques, permettent, quelques années plus
bellement la puissance de la nouvelle
èrent une réputation universelle. Les
stlein, en mettant ainsi en évidence les
chromés, sont en réalité le point de
cation des aciers spéciaux; on étudie
s des alliages du fer avec le nickel, le
il en résulte une voie nouvelle ouverte
lurgique de la Loire.

s de 1860 à 1880. — Le fait capital de
à 1880 est la découverte de procédés
duire l'acier fondu en grandes masses.
der des fabrications nouvelles, et les
et Martin, mis dès l'origine en appli-
ion, y reçoivent de nombreux perfec-
oire est à la tête du mouvement métal-
génieurs éminents qui dirigent les usines
, de Terrenoire, d'Unieux, de Firminy,
ion des aciers fondus à un haut degré

aire les aciers Bessemer au degré de

DANS LA RÉGION DE SAINT-ÉTIENNE

carburation voulu, pour déterminer la composition du bain qui, au four Martin, donne des aciers dont les propriétés sont connues. L'habileté des chefs de service, des ouvriers, ne sont plus suffisantes. La pratique courante indique les matières qui viennent pour les diverses fabrications, les analyses chimiques et même les essais sont peu près inconnus. C'est de l'application que datent les laboratoires d'analyses chimiques dont toutes les usines sont pourvues.

Les aciers obtenus dans la Loire au four à sole présentent dès l'origine l'application des méthodes scientifiques des propriétés remarquables d'où résulte une production très rapide. Dans la période de production de la fonte et celle des aciers, la production de la fonte est constamment. C'est ainsi que la production de la fonte passe de 10.500 tonnes en 1870, et à 61.000 tonnes en 1880; la production des aciers suit une marche analogue; elle passe successivement de 17.500 tonnes en 1870, et à plus de 52.500 tonnes en 1880; elle est alors le tiers de la production des aciers en France.

Par contre, le fer puddlé dont la production jusqu'en 1870 ne tarde pas à être dépassée par l'acier et notamment par le métal obtenu au four Martin tombe de 96.000 tonnes en 1870 à 18.000 tonnes en 1880, soit environ 8 p. 100 de la production totale en France, et, à cette époque, les rails ne représentent que quelques centièmes de ce total.

La Loire reste toujours le grand centre de production des aciers fins. Pour les aciers

L'INDUSTRIE

production y
duction des a
nstante, de f
ale, en Franc
e l'importation
erais purs de
conditions e
s aciers purs
1880, l'ensen
int 193.000 t

.....
ds et spéciaux.

.....
de la productio

er et Martin :

.....
chands.....

.....
r Bessemer et
et de forge

*
a creuset.....

a production d

ement inunéc
long très rei
e le tiers de
es françaises
de la Marine
ner; elles p
, trois, dont
mes à Saint-Cl
nt elles-mêm

DANS LA RÉGION DE SAINT

4 tonnes; mais elles livrent surtout au de 2.000 tonnes environ par mois, de sole obtenus dans neuf fours Mar encore onze fours Martin à Firminy pour la fusion de l'acier à Saint-C l'acier fondu au creuset dans les t Chambon, de Firminy, d'Assailly.

Les Aciéries de Saint-Étienne ont elles fabriquent aussi des fers puddlé des frères Marrel ne pratiquent pas l'acier et sont tributaires des usine lingots destinés à certains produits.

Les laminoirs à blindages des usi de Saint-Chamond, les trains à tôles de Terrenoire, de Saint-Étienne, son perfectionnements; les laminoirs à l horizontaux de Saint-Chamond ont ét Étienne; à Firminy, au contraire, laminés horizontalement. Les pilons c miny et de Rive-de-Gier viennent dépassés par le marteau de 100 t mond.

Déjà les presses hydrauliques son cintrage des blindages; à l'usine des créée, on fait les gabariages à l'aic l'une de 1.200 tonnes, l'autre de 2.8 ateliers Brunon, à Rive-de-Gier, o presse pour le matriçage et l'emboi pièces de forge.

Pour la production de la fonte, Marine ont toujours en feu leurs Givors, voisins de ceux de MM. d hauts-fourneaux de Terrenoire marcl mer ou en fonte Martin, et produis manganésées dont la teneur en mang

V

PÉRIODE DE 1880 A L'ÉPOQUE ACTUELLE.

Crise de 1880. — Les nouvelles fabrications. — Ce développement si remarquable de l'industrie métallurgique dans la Loire, dans la période de 1860 à 1880, subit un temps d'arrêt après l'Exposition de 1878. La série d'années prospères que viennent de traverser les forges et les aciéries du Centre de la France a naturellement amené les industriels à créer de nouvelles usines pour répondre aux demandes que les anciennes semblent insuffisantes à satisfaire ; au voisinage de la mer, à Isbergues, à Denain, on a bâti de grandes usines à acier, qui, alimentées par des minerais de Bilbao, produisent des aciers Bessemer dans des conditions économiques beaucoup plus favorables que celles qui règlent le prix de revient dans la région de Saint-Étienne.

De plus, la fabrication des rails en acier a donné aux Compagnies de Chemins de fer un élément qui est alors pour ainsi dire inusable ; loin de s'accroître, comme dans les années précédentes, les quantités de rails demandés annuellement à l'industrie métallurgique se réduisent de plus en plus et sont insuffisantes pour les nouveaux convertisseurs récemment installés. Les usines de la Loire, où le prix de revient des minerais de Mokta dépasse de beaucoup celui des minerais de Bilbao importés dans le Nord, sont surtout atteintes par la baisse des prix qui résulte de la diminution de la demande. Atténuée d'abord de 1881 à 1883, par les nombreuses commandes qui résultent du programme des grands travaux qu'on se propose d'exécuter, la crise s'accroît de plus en plus par suite des offres qu'apporte sur le marché la surproduction résultant de l'établissement des nouvelles usines et de l'agrandissement des anciennes.

A la même époque, l'application en grand du procédé Thomas Gilchrist vient apporter une véritable révolution dans l'industrie du fer et de l'acier. On fabrique des aciers Bessemer avec les fontes riches en phosphore que donnent des minerais phosphoreux et pauvres, considérés jusqu'alors comme à peu près inutilisables. Les bas prix qu'obtiennent immédiatement les usines de l'Est de la France obligent les usines de Terrenoire, de Firminy, de Saint-Étienne, de Saint-Chamond, à renoncer à la fabrication des rails. Pour la Loire, c'est une diminution brusque de plus de 60.000 tonnes dans la production annuelle ; il faut en même temps réduire la production des fers marchands de qualité ordinaire. La plupart des hauts-fourneaux sont mis hors feu ; toutes les installations Bessemer s'arrêtent l'une après l'autre : la première créée en France, celle de l'usine d'Assailly, à Lorette, a duré seulement vingt-deux ans.

Pour ne pas fermer complètement leurs ateliers, les usines sont dans la nécessité de chercher de nouvelles fabrications ; elles s'efforcent d'utiliser l'habileté de leur personnel à la fabrication de produits spéciaux, qui ne peuvent être que difficilement atteints par la concurrence des Aciéries Thomas ou même par celle encore plus à craindre des usines du Nord. Cette transformation exige un accroissement de l'outillage, marteaux-pilons, tours, machines-outils de toutes sortes, destinés au façonnage et au finissage des blindages, canons, obus, bandages, arbres coudés, moulages d'acier, dont on développe de plus en plus la fabrication. Presque toutes les Sociétés métallurgiques ont eu la prudence d'accumuler des réserves importantes qui leur permettent d'immobiliser immédiatement de grands capitaux ; Saint-Chamond, Firminy, Saint-Étienne, souffrent de cette longue crise de 1880 à 1885 ; mais elles peuvent aborder de nouvelles fabrications, se créer des débouchés nouveaux. Seule, la

Société de Terrenoire, qui n'a pas eu la prudence des Sociétés voisines, se voit acculée à une déplorable situation financière, et, en 1888, cette usine qui, de 1870 à 1880, a produit des travaux si remarquables, doit arrêter ses opérations.

Pour les autres usines, au contraire, la crise est le point de départ d'une série de créations et de transformations. C'est ainsi que M. A. de Montgolfier, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, qui, depuis 1874, a pris la direction de la *Compagnie des Hauts-Fourneaux, Forges et Aciéries de la Marine et des Chemins de fer*, à la suite de Pétin et Gaudet, décide, dès 1880, de transporter les fabrications de la fonte, des rails et des profilés dans un nouvel établissement mieux placé au point de vue économique. La nouvelle forge est établie au Boucau, à l'embouchure de l'Adour, près Bayonne, et elle peut recevoir dans les conditions les plus favorables, les minerais de Bilbao et les charbons anglais; elle est en même temps très bien placée pour l'expédition des produits destinés à l'exportation. C'est là un exemple que ne tarderont pas à suivre presque toutes les grandes usines du Centre; le Creusot, les forges de Commentry, prennent bientôt des participations importantes dans les usines de l'Est; plus tard même le Creusot n'hésite pas à projeter auprès de Cette, sur la Méditerranée, un nouvel établissement, destiné à la fabrication des fontes pures avec les minerais importés de la Toscane et de la côte Est d'Espagne.

Parmi les industries métallurgiques qui, à partir de 1880, prennent une très grande extension dans la Loire, il convient de citer celle des moulages d'acier et surtout la fabrication du matériel de guerre que toutes les usines, sans exception, vont alors aborder.

A l'origine, les aciéries de Firminy se livrent particulièrement à la difficile fabrication des pièces d'acier

L'INDUSTRIE MÉTALLURGIQUE

On crée un atelier spécial muni d'une grue de 20 tonnes avec fosses de moulage et étuves de grandes dimensions.

Des installations analogues sont faites à Saint-Étienne, qui permettent d'aborder la fabrication de pièces

de 20, 30 et même 35 tonnes ; l'usine de Saint-Étienne fabrique des engins encore beaucoup plus puissants qui permettent de couler et de manœuvrer facilement des lingots et des pièces pouvant atteindre 100 tonnes. Des ateliers de moulage pour petites pièces sont établis à Unieux, à Assailly.

On s'applique couramment à l'industrie des moulages de toutes formes et de toutes dimensions : bâtis de machines, arbres, ambots, surbaux, cadres de gouvernails, cylindres, pistons à vapeur, roues de wagonnets, engrenages, etc... Comme pièces remarquables, on peut citer les cylindres de locomotives, les cylindres de presses hydrauliques étanches sous les pressions les plus élevées. En 1894, l'exposition de Lyon, en 1894, figurent le piston à *Lazare-Carnot* (Firminy), le bâti de machine à vapeur (Firminy), l'ossature du gouvernail du *Bout-Étienne*. Les éprouvettes découpées dans les lingots donnent des résistances qui atteignent 10 tonnes par millimètre carré pour un allongement de 10 % mesuré sur 100 millimètres.

Pour les petits moulages, les usines de Firminy et de Saint-Étienne installent spécialement des petits fours de réchauffage, du type Biedermann et Harvey, qui permettent d'obtenir des aciers très chauds et très fluides. Les aciers d'acier au creuset sortent surtout des aciéries de Firminy, d'Assailly. L'usine Jacob est seule à avoir le privilège de fabriquer des aciers à froid ; on peut, entre autres pièces, signaler des pièces pour la Marine dont la tige subit le ployage à froid sans présenter aucune gerçure.

Il faut noter également à partir de 1880 que Firminy introduit

DANS LA RÉGION DE SAINT

dans la Loire une fabrication nouvelle train-machine et un atelier de tréfiler assez difficiles, cette nouvelle fabrication importante que rémunératrice, et elle de progresser; la production annuelle et des fils d'acier atteint actuellement 10 millions. On fabrique la corde de piano, les fils de mines; suivant l'usage auxquels ils sont destinés, la résistance à la rupture peut être de 100 grammes, ou bien atteindre 180 kilogrammes par mètre carré.

Il n'est pas sans intérêt de rappeler une tentative de fabrication des fils d'acier. En 1820, une tréfilerie d'acier et de fer fut établie à Saint-Étienne : 80 filières produisaient 250 kilogrammes de fils d'acier dont le prix était de 8 francs le kilogramme. L'entreprise fut arrêtée en 1825 à cause de mauvaises affaires et fut arrêtée en 1825.

Les aciers spéciaux. — Le cubilot de la région se transforme surtout en aciers spéciaux destinés à la Guerre. On ne renonce aux produits de qualité courante que pour peu près exclusivement aux produits destinés à la Guerre. Pour leur fabrication des soins tout particuliers sont donnés aux métaux d'une qualité exceptionnelle. On utilise surtout des matières premières pour ces fers fins dont la Loire se fournit aussi dès son apparition, en 1885, l'usine de Rollet. L'usage des fontes, imaginé par Rollet, fut très vite accueilli.

C'est par le concours de l'usine de Rollet que le procédé de déphosphoration est mis à même d'appliquer le procédé; il n'a d'abord en vue que les fontes destinées à être déphosphorées.

omas; la désulfuration est parfaite, mais le prix de revient est élevé. La fonte fondue, accumulée dans la partie inférieure du cubilot, se recarbone et reprend le phosphore qu'elle a en partie abandonné. D'après le conseil de A. Brustlein, Rollet essaye alors de laisser couler la fonte fondue d'une manière continue, et c'est à Unieux le premier essai dans ce sens, tenté avec un cubilot ordinaire, donne des résultats très rassurants. La Société Rob Holtzer et C^{ie}, et plus tard les usines de Firminy et les de Saint-Chamond, traitent alors avec Rollet pour l'application du procédé; à Firminy, où l'on dispose du feu chaud du haut-fourneau, on peut marcher en premier lieu d'une manière tout à fait pratique. Ce n'est que sous ces conditions d'un écoulement continu, que la déphosphoration peut s'effectuer en même temps que la désulfuration.

Pour les produits extra-purs, on pratique même au cubilot deux opérations successives. Une fusion réductive d'abord pour but de désulfurer; une seconde fusion en présence d'oxyde de fer élimine le phosphore dans une fonte ferreuse. Grâce à l'habileté des ingénieurs qui la dirigent, cette difficile opération de la déphosphoration au cubilot s'effectue sans difficulté, et la fonte obtenue contient moins de 2 dix-millièmes de soufre et de phosphore.

On obtient ainsi des fontes qui peuvent être directement employées dans la fabrication de l'acier au creuset; par suite de leur faible teneur en carbone, le puddlage en est très difficile, elles fondent mal et s'affinent trop vite; mais bientôt, par des additions convenables, on arrive à produire avec elles du fer à grain aussi bien que du fer à l'essai, on obtient même sans difficulté des aciers puddlés. Ce sont là des métaux équivalents aux meilleurs fers de forge qu'ils remplacent avantageusement dans la fusion au creuset.

Même à l'époque actuelle, le cubilot Rollet est le meilleur appareil de désulfuration, et, si son usage ne s'est pas répandu dans un plus grand nombre d'usines, c'est que le prix assez élevé de la fusion ne permet de traiter par ce procédé que des fontes destinées à la fabrication de produits extra-purs.

Quelle que soit leur pureté, les aciers au carbone n'offrent plus des propriétés mécaniques dont on puisse se contenter. On s'engage dans la voie indiquée depuis 1875 par les aciéries d'Unieux et qui a abouti à des résultats si remarquables, avec la fabrication des aciers chromés ; le chrome, le nickel interviennent de plus en plus dans les métaux destinés au matériel de guerre. Les essais d'Annapolis (Amérique), en 1891, où les plaques Schneider, du Creusot, en acier au nickel, montrent leur supériorité sur les plaques mixtes Cammel-Wilson, ont pour résultat le développement de la fabrication des plaques en acier fondu et l'intervention de plus en plus grande du nickel dans les canons et les blindages.

A la suite des recherches entreprises, en 1890, par Grobot, directeur des usines d'Assailly, sur les aciers nickel-chrome, les Forges et Aciéries de la Marine produisent également en 1891, sous le nom d'*acier spécial*, des plaques au chrome et au nickel qui donnent, surtout au point de vue de leur ténacité, des résultats remarquables dans les tirs exécutés au polygone d'Ochta (Russie) et à l'île de Texel (Hollande). Ce nouveau métal présente une résistance à la pénétration de 20 p. 100 supérieure à celle de l'acier fondu jusque-là employé, et il entre immédiatement dans la fabrication courante des blindages. Quand il est à l'état naturel, sa résistance à la rupture est de 60 kilogrammes pour une limite élastique de 41 kilogrammes, et un allongement de 23 p. 100; après trempe suivie de recuit, la limite élastique s'élève à 58 kilogrammes, et la résistance à 75 kilogrammes,

bien que l'allongement
19 p. 100.

Pour les additions q
destinés aux canons et
se contenter de produire
Aciéries de la Marine
du Boucau la fabricati
peuvent ainsi obtenir d
de chrome, dans lesque
12 p. 100. Dès 1889, c
ferrochromes dont les
après (teneurs p. 100)

Chrome	Fer
44,80	43,00
51,40	39,40
55,65	34,20
57,96	30,35
60,35	28,40
63,40	25,38
65,20	21,90

La teneur moyenne
0,01 p. 100; la teneur

En dehors des aciers
tène, qui ont déjà reçu
Aciéries d'Unieux créc
ressorts en acier au s
obtiennent de plus, not
qui n'ont pas encore
trie.

Résultats d'essais sur
ries de Saint-Étienne d
les aciers au nickel po
priétés mécaniques des
varie d'une manière co

L'INDUSTRIE MÉTALLURGIQUE

idement que la limite élastique, surtout avant la l'allongement diminue avec la teneur en carbone. chiffres extrêmes sont :

		E	R	A
à 0,1 p. 100	recuit.....	31,2	41,8	30,5
	trempe.....	32,2	44,8	25
à 1,0 p. 100	recuit.....	61,9	97,6	10,1
	trempe.....	108,7	130	7,5

les chiffres ainsi obtenus ne sont pas tout à fait ables ; car, tandis que l'acier à 0,1 p. 100 de carbone contient 0,04 p. 100 de manganèse et 0,05 p. 100 de silicium, l'acier à 1 p. 100 contient respectivement 0,12 p. 100 des mêmes éléments.

Dans les alliages tenant 15 p. 100 de nickel, quand la teneur en carbone varie de 0,1 à 1,00 p. 100, la limite élastique et la résistance à la rupture sont maxima pour une teneur en carbone de 0,4 p. 100. L'allongement paraît passer par un minimum pour la teneur de 0,8 p. 100.

Les propriétés ont lieu pour le métal recuit au rouge et pour le métal trempé à l'huile au rouge cerise et au rouge sombre.

Les chiffres extrêmes sont :

		E	R	A
0,1 p. 100	recuit.....	94,6	114,9	10,4
	trempe et recuit...	99,5	119,2	9,2
0,4 p. 100	recuit.....	108,2	150,3	9,6
	trempe et recuit...	117,1	193	2,8
0,8 p. 100	recuit.....	32,8	56,3	8
	trempe et recuit...	42,7	84	4

Le chauffage pour la trempe est poussé très lentement. Les résultats sont notablement différents, et, dans ces alliages, le maximum de résistance (153 kilogrammes) et la limite élastique maxima (100 kilogrammes) ont lieu pour une teneur en carbone de 0,8 p. 100.

Dans les alliages tenant 25 p. 100 de nickel, quand la teneur en carbone varie de 0,05 à 1 p. 100, les

DANS LA RÉGION

autres éléments étant aussi
tance et la limite élastique
les moins carburés, et l'allor
De 0,35 p. 100 de carbone jus
limite élastique et l'allongem
La trempe modifie peu la limi
Les chiffres extrêmes sont

Métal à 0,05 p. 100	{ recuit.....
	{ trempé.....
Métal à 0,83 p. 100	{ recuit.....
	{ trempé.....

Les chiffres obtenus ne so
comparables, car les teneurs
augmentent avec le carbone
0,02 et 0,05 p. 100 dans l'ac
0,07 et 0,24 p. 100 dans l'ac

*3° Influence de la teneur
nickel. — a. —* Dans les a
quand la teneur en chrome
teneur en carbone variant el
teneur en silicium variant de
tique et la résistance à la rupt
recuit ; dans les mêmes cond

L'augmentation de la rés
tique est rapide avec le mé
refroidi dans le sable ; elle
le métal recuit au rouge ceri
le four. Avec le métal trem
sombre, l'augmentation est
chrome de 1 p. 100 ; elle est
de cette teneur.

Les teneurs en carbone, ,
malheureusement trop vari

L'INDUS
 nissent être
 sultats obten

Mn = 0,05,

, refroidi dans
 t refroidi dans
 pé à l'huile
 mbre.....

ans les acie
 chrome vari
 e et en silici
 00 et de 0,
 stance à la
 rs la teneur
 pidement. L'
 ipe suivie d
 tique et la
 longement.

maximum
 uivants :

Mn = 0,05,

t au rouge c
 ble.....
 é et recuit au

ans les acier
 chrome vari
 e et en silici
 00 et de 0,
 tance à la
 es pour la te
 les plus fai
 aviron. De 1

DANS LA RÉGION DE SAINT-ÉTIENNE

élastique et la résistance varient peu ; elle augmente assez rapidement à partir de 2,25 p. 100 d

La trempe modifie peu la limite élastique, sauf au voisinage de la teneur de 0,25 elle augmente la valeur de ces éléments.

Pour le maximum et le minimum de résistance obtenus les chiffres suivants :

	Cr	C	Mn	Si	Ni
Métal α	0,25	0,13	0,03	0,07	25,5
Métal β	1,00	0,16	0,05	0,07	25,4

	R
Métal α { recuit	41,7
{ trempé à l'eau et recuit	60,2
Métal β { recuit	23,4
{ trempé à l'eau et recuit	23,4

4° *Influence de la teneur en silicium.* — variations de la teneur en carbone et en silicium accompagnent les variations de la teneur en nickel. Il est difficile de dégager l'influence du silicium sur la limite de résistance ; cependant résulter des essais que la limite de résistance à la rupture augmentent rapidement avec la teneur en silicium ; l'augmentation est d'ailleurs plus grande dans le métal trempé et recuit que dans le métal simplement recuit.

On constate que, entre les teneurs de 4,50 p. 100 en silicium, la limite élastique et la résistance à la rupture sont sensiblement les mêmes pour l'acier sans nickel ou d'acier à 2,5 p. 100 de nickel le métal simplement recuit ; au contraire, pour le métal trempé, l'addition de nickel a pour effet d'augmenter ces mêmes facteurs.

Les chiffres extrêmes obtenus sont, les suivants :

L'INDUSTRIE MÉTALLURGIQUE

acier sans nickel :

	Si	C	Mn	S	Pb
... ..	0,90	0,25	0,26	0,003	0,03
... ..	4,45	0,72	0,81	0,015	0,065
			E	R	A
recuit.....			32,3	56,6	24
trempé et recuit....			57,6	79,1	17,5
recuit.....			104,9	117,3	1,0
trempé et recuit....			143,4	150,2	1,5

acier à 2,5 p. 100 de nickel :

	Si	C	Mn	S	Pb
....	0,90	0,23	0,31	0,005	0,03
....	3,96	0,66	0,72	0,015	0,06
			E	R	A
recuit.....			49,6	67,3	19,7
trempé et recuit....			77,5	101,5	10,9
recuit.....			98,2	110,5	7,5
trempé et recuit....			157,1	163,4	4,5

aciers ainsi obtenus aux Aciéries de Saint-Étienne ont donné un ensemble d'indications extrêmement utiles à tous les métallurgistes auxquels ils peuvent servir de repère. Ils s'appliquent à des aciers qui, par leur composition, ils sont en cela plus utiles que ceux récemment obtenus par la Commission nommée par la Société des Nations à Berlin, en 1892, qui ne concernent que des alliages de *fer pur* et de *nickel pur*.

Il est d'ailleurs regrettable que les températures de recuit n'aient pas été précisées à l'aide de thermomètres exactes, et que la composition chimique des aciers n'ait pas été indiquée ; mais, bien peu d'usines sont outillées pour la mesure précise des températures et pour les observations graphiques. Ce n'est qu'un peu plus tard que le Saint-Étienne procéda scientifiquement à l'étude de la trempe et du recuit, par l'installation

de pyromètres permettant d'opérer juste à la température voulue.

Les hauts-fourneaux. — Le creuset en graphite et le creuset d'acier. — Pour fournir aux aciéries les produits spéciaux qui leur sont nécessaires, les hauts-fourneaux de la région abordent la production des fontes spéciales les plus variées : ferromanganèses, spiegels, fontes siliceuses, silico-spiegels. Les briques réfractaires de l'ouvrage et du creuset, ainsi exposées à très haute température à l'action de laitiers ultrabasiques, se corrodent rapidement, et il en résulte des percées graves qui entraînent des arrêts longs et coûteux.

La première, l'usine de Terrenoire, résout d'une manière satisfaisante le difficile problème de la suppression des percées, en réalisant un creuset et un ouvrage en graphite que les Américains imitent bientôt, et qui est maintenant d'un usage courant dans les usines des États-Unis.

Plus tard, les forges de Firminy, en se basant sur le principe des fours de fusion américains dits *water-jackets* appliquent une autre solution plus élégante et beaucoup plus radicale. On supprime tout revêtement en briques, et Boivin, chef du service du haut-fourneau à l'usine de Firminy, réalise un creuset en voussoirs d'acier énergiquement refroidis par aspersion d'eau sur leur face extérieure, qui oppose aux laitiers corrosifs des garnissages de même composition naturellement formés par le refroidissement. Malgré les changements d'allure les plus fréquents, qu'on marche en ferromanganèse, en silico-spiegel ou simplement en fonte d'affinage, les percées sont complètement supprimées, et le creuset Boivin, en usage à Firminy depuis 1890, est actuellement appliqué dans plusieurs forges de la Pologne et du bassin du Donetz.

Parmi les utilisations nouvelles réalisées dans la Loire à propos de la fabrication de la fonte, il convient encore

de signaler l'emploi au haut-fourneau des pyrites grillées, déjà utilisées en Angleterre sous le nom de *purple ore*. C'est par Terrenoire que cette heureuse application des résidus de fabrication de l'acide sulfurique est faite pour la première fois en France. Cette usine assure ainsi l'alimentation de ses hauts-fourneaux par un minerai très riche qu'elle se procure dans des conditions exceptionnelles de bon marché. Si la Compagnie de Terrenoire n'avait pas dû alors cesser ses opérations, la hausse, qui survenait quelques mois après l'arrêt, aurait peut-être pu permettre à l'une des plus grandes et des plus anciennes usines de la Loire de sortir victorieuse de la longue crise à laquelle elle a succombé.

Les aciers au creuset. — Les projectiles de rupture. — Depuis 1880, la production des aciers au creuset augmente dans une notable proportion; elle atteint, en 1890, près de 10.000 tonnes, alors que la production totale en France ne dépasse pas 13.000 tonnes. Les principales aciéries sont celles d'Unieux, de Firminy, d'Assailly, du Chambon, de la Bérardière, de Rive-de-Gier (Marrel frères). On y fabrique les aciers pour outils au carbone, au chrome, au tungstène, à divers degrés de dureté. Les aciers fondus doux soudables, les aciers pour outils de forge, ressorts, faux, scies, coutellerie, lames de cisailles, matrices, bouterolles, etc., y sont produits couramment en même temps que les aciers plus durs pour fleurets, burins, barres à mines, masses, etc. Des qualités spéciales au carbone et au chrome sont livrées pour la fabrication des limes, et les aciers extra-durs au chrome ou au tungstène sont utilisés pour les outils de tours pour fonte blanche et laminoirs trempés, pour le travail des bandages en acier dur et pour l'usinage des métaux de dureté tout à fait exceptionnelle.

Les matières premières sont des fers au bois, des fers de Suède des meilleures marques, des fers puddlés obtenus

exclusivement aux creusets d'argile; la charge d'un creuset est généralement de 25 kilogrammes.

Les fours à cémenter n'ont subi aucun perfectionnement depuis l'origine: à Unieux, au Chambon, à Assailly, à la Bérardière, ils ont conservé la forme extérieure caractéristique qu'affectaient les appareils métallurgiques au siècle dernier. Outre les produits destinés à la fusion au creuset, ils servent aussi à la fabrication des aciers durs corroyés qui sont encore demandés dans le commerce.

L'acier Martin. — L'augmentation relative dans la production de l'acier Martin est moins rapide que dans l'industrie de l'acier au creuset, mais certaines usines, malgré une réduction dans leur tonnage, voient leur chiffre d'affaires notablement augmenter. En 1885, on produit encore 6.000 tonnes de rails avec des lingots Martin; mais c'est là une fabrication qui disparaît bientôt et qu'on ne retrouve plus ensuite qu'accidentellement. Les fabrications spéciales augmentent cependant dans une proportion telle qu'il n'y a pas diminution dans la production totale accusée.

Toutes les grandes usines de la Loire produisent l'acier fondu Martin, soit sur sole acide, soit sur sole basique, par le procédé aux riblons. Les matières premières pour le matériel de guerre sont toujours des fontes et des fers de première qualité, fontes de Suède, de Givors, de Chasse, de Firminy, de l'Ardèche, du Boucau. Les riblons, pour les produits soignés, sont des déchets d'usine de composition bien connue, des fers puddlés spécialement produits pour cet usage. On obtient toutes les variétés d'acier, depuis les aciers extra-doux présentant une résistance de 35 à 40 kilogrammes avec un allongement de 30 à 35 p. 100, jusqu'aux aciers extra-durs, dont la résistance atteint 90 et 100 kilogrammes avec un allongement de 5 à 10 p. 100. Les principales fabrications sont les blin-

dages, les bandages, les tôles, les pièces de forge et les moulages d'acier.

La capacité des fours varie de 10 à 40 tonnes ; les installations les plus puissantes sont à l'usine de Saint-Chamond, qui possède quatre fours de 40 tonnes et trois de 15 tonnes, et chez MM. Marrel, dont l'aciérie, terminée seulement en 1888, est munie de quatre fours de 35 tonnes. Des ponts roulants de 150 à 160 tonnes permettent la manœuvre facile des lingots obtenus dont le poids dépasse souvent 100 tonnes.

Le four Pernot est en usage pendant quelque temps à Saint-Étienne et à Saint-Chamond ; celui de Saint-Étienne, installé en 1881 à la place d'un atelier Bessemer, est à son tour remplacé en 1892 par un four Martin-Siemens à sole fixe. Sauf aux usines de Firminy, de Saint-Chamond et de Terrenoire, l'installation des fours Martin est d'ailleurs assez récente ; ce n'est qu'en 1875 que la maison Marrel, restée jusque-là tributaire des aciéries voisines pour ses approvisionnements de lingots, installe un premier four Martin ; de la même époque date le premier four des aciéries Claudinon, au Chambon, et, aux Aciéries de Saint-Étienne, le premier four Martin est mis en feu seulement en 1885.

Les installations de coulée ne sont pas conçues principalement en vue d'une production intensive et économique ; on se propose avant tout de couler les lingots de toutes dimensions et de tous poids qu'exigent les fabrications spéciales, et surtout la fabrication du matériel de guerre. La coulée directe au four dans les lingotières, *la coulée à la pique*, est cependant encore en usage dans de rares ateliers, mais presque partout on coule préalablement en poches que manœuvrent des grues ou des ponts roulants.

Toutes les usines possèdent de grandes fosses de coulée desservies généralement par des ponts roulants ; on peut ainsi rassembler le métal produit par deux, trois ou

quatre fours. A Saint-Chamond, la fosse, entre deux rangées de fours, permet de couler des lingots allant jusqu'à 120 tonnes. Pour les lingots de dimensions ordinaires, les dispositions sont très variables; tantôt la poche de coulée mobile sur un chariot vient circuler sur une fosse rectiligne parallèle à l'axe du four (Assailly); tantôt la poche portée par une grue hydraulique distribue le métal dans une fosse circulaire (Saint-Chamond).

Aux aciéries de Saint-Étienne, les lingotières portées sur des plaques tournantes mues par l'eau sous pression ou par l'électricité viennent passer sous la poche portée par un pont roulant; à Firminy la coulée s'effectue sur des wagonnets formant un train rectiligne qu'on manœuvre à l'aide d'un cabestan.

Presque partout les gazogènes sont du genre Siemens et sont munis d'un siphon où se condensent la plus grande partie des goudrons. Cependant, surtout pour les moulages d'acier, on installe des fours Biedermann et Harvey à gazogène accolé au four; on ne cherche pas, d'ailleurs, à gazéifier le combustible par les produits brûlés comme dans le four type; la grille du gazogène est simplement soufflée par un injecteur à vapeur qui produit l'entraînement de l'air, et les gaz obtenus, riches en hydrogène et en oxyde de carbone, donnent dans le four des températures notablement supérieures à celles qu'on peut réaliser dans le four Siemens ordinaire.

Les fours d'installation récente ont leurs chambres, en grande partie, au-dessus du sol: tel est le cas à Assailly, à Unieux, à l'usine des Étaings. Partout ailleurs, les récupérateurs sont presque entièrement enterrés, et la coulée en poche ne peut avoir lieu que si celle-ci est elle-même dans une fosse au-dessous du sol.

Le métal soudé. — Bien que l'importance de la fabrication du métal soudé diminue de jour en jour, toutes les

usines de la Loire possèdent encore des fours à puddler, fours ordinaires simples, avec ou sans sole de réchauffage et fours à puddlage d'acier. Les chaudières placées à la suite sont généralement des chaudières verticales ; cependant, comme au Creusot, on reconnaît là aussi l'avantage des chaudières multitubulaires qui commencent à se substituer aux autres. A l'usine d'Assailly, on trouve des fours à gaz avec épurateurs du système de Langlade.

On ne pratique que le puddlage pour acier et le puddlage bouillant pour fer d'excellente qualité ; on ne produit pas seulement le fer brut destiné à la fabrication des tôles ou des fers marchands, la plupart des fours travaillent pour fer destiné à la fusion soit au creuset, soit sur la sole des fours Martin. Pour répondre aux demandes du commerce, Unieux, Firminy, le Chambon et un grand nombre de petites forges installées sur l'Ondaine, le Furens et le Gier font encore de l'étirage au martinet.

Une des spécialités importantes des aciéries de la région est la fabrication des tôles de fer pour chaudières, dont les seules Aciéries de Saint-Étienne produisent annuellement environ 8.000 tonnes.

Le travail mécanique du fer et de l'acier. — La presse à forger ; les laminoirs à blindages. — Les dimensions chaque jour croissantes des pièces de forge et surtout des canons et des blindages demandent des installations mécaniques de plus en plus puissantes. L'usine de Firminy, qui, depuis 1880, a entrepris la fabrication des projectiles et des canons pour la Marine, installe, en 1888, un marteau-pilon de 40 tonnes avec grue de 60 tonnes. La même année, les Aciéries de Saint-Étienne montent un pilon de 50 tonnes.

Les plus gros marteaux-pilons sont à l'usine des Étaings et à l'usine de Saint-Chamond. Celle-ci possède déjà depuis 1880 un énorme marteau de 100 tonnes, muni de grues de 150 tonnes, installé dans l'atelier de grosse forge

où se trouve encore un pilon de 15 tonnes. A cette époque, MM. Marrel n'ont encore qu'un pilon de 25 tonnes, qui, depuis 1855, fonctionne à l'usine de Rive-de-Gier et qui a forgé, en 1867, l'arbre à trois coudes du *Suffren*. En 1885, on commence aux Étaings un groupe de halles destinées à recevoir les nouveaux marteaux qu'on se propose de monter ; un premier pilon de 50 tonnes, desservi par deux grues à col de cygne de 90 tonnes, précède de quelques années seulement un pilon de 100 tonnes et de 6 mètres de chute, dont la construction est décidée en 1889 et dont la mise en marche a lieu au commencement de 1892 ; pour résister au choc, la chabotte ne pèse pas moins de 760 tonnes. Cet outil est desservi par deux grues à col de cygne, dont l'une possède une puissance de 180 tonnes, et par un pont roulant de 120 tonnes.

Mais, tandis que la masse frappante des pilons atteint des proportions si colossales, on reprend l'idée de la presse à forger dont l'emploi a été réalisé pour la première fois en 1861 par Haswell, et dont Withworth a su tirer, en Angleterre, un si bon parti. Les progrès faits par les fonderies d'acier de 1880 à 1890 permettent d'obtenir des pots de presses suffisamment solides pour résister aux énormes pressions reconnues nécessaires, et les excellents résultats qu'on obtient avec le nouvel outil le font bientôt entrer dans la pratique pour la fabrication du matériel de guerre. Le nombre des chaudes nécessaires diminue, le forgeage sur mandrin, le gabariage des blindages sont réalisés beaucoup plus facilement qu'au pilon. L'usine d'Unieux est la première qui, dans la région, applique la presse au forgeage : on y établit, en 1892, une presse à forger qui peut donner des pressions de 2.000 tonnes. Cet exemple est bientôt suivi : en 1892, l'outillage de la grosse forge des usines de Saint-Chamond est complété par l'installation d'une presse hydraulique à forger de 4.000 tonnes, desservie par deux ponts roulants

DANS LA RÉGION DE SAINT-ÉTIENNE

de 150 tonnes, qui permet d'assurer le forgeage blindages de 0^m,50 aussi bien que la préparation des ou des tubes de canons pesant 40 à 50 tonnes.

C'est en 1892 également que MM. Marrel, pour face aux exigences toujours grandissantes de la fabrication des blindages, remplacent le grand train de noirs installé aux Étaings en 1867 par un autre plus puissant, spécialement destiné au laminage des blindages d'acier. Le nouveau train, qui est d'abord le plus puissant laminoir à blindages existant, permet de laminer des plaques de 3^m,20 de largeur entre cylindres verticaux de prendre des paquets ou des lingots ayant jusqu'à 1^m d'épaisseur.

Les Aciéries de la Marine, dont les laminoirs à blindages, installés par Pétin et Gaudet, sont devenus suffisants pour le laminage des grosses plaques d'acier, ont elles-mêmes, en 1898, un nouveau train révélateur des blindages, dont la machine peut développer 6.000 ch.

Les appareils de manutention et de manœuvre de ce gros outillage sont naturellement proportionnés à l'importance des pièces qu'il s'agit de forger ainsi qu'à Saint-Chamond, la grande halle de 80 mètres de long et de 30 mètres de large, où est installée la presse à forger, est desservie par deux ponts roulants de 150 tonnes, dont le chemin de roulement est placé suffisamment haut pour que les ponts puissent passer par-dessus la presse. L'ensemble de ce grand atelier de forge présente ainsi des conditions aussi bonnes que celles pour l'exécution des grosses pièces que réclament tant la Marine et la Guerre.

A côté de ces énormes outils, toutes les usines de la Loire possèdent d'ailleurs des ateliers pour la forge et le laminage des pièces ordinaires nécessaires à l'industrie. Les anciens laminoirs à rails ont été transformés en laminoirs à fers marchands; les Aciéries de Saint-É

spécialement outillées pour le laminage des grosses et moyennes tôles, possèdent un train réversible par embranchage et un trio Lauth qui peut laminier des tôles de 1,80 de largeur.

Comme force motrice, l'électricité tend à se substituer plus en plus aux transmissions téléodynamiques, aux petites machines à vapeur et même à l'eau sous pression. Presque tous les ponts roulants sont maintenant mus à l'électricité, qui actionne également des grues fixes et des grues mobiles à trolley. Aux Aciéries de Saint-Étienne, les laminoirs sont desservis par des tenailles hydrauliques suspendues à des grues qui permettent l'enfournement et le défournement rapide des paquets ou des gots à laminier.

La trempe, le finissage et le montage. — Cet accroissement si rapide de l'outillage pour le travail mécanique de fer est accompagné d'une augmentation correspondante dans les appareils de trempe et dans les outils pour le finissage des blindages et des éléments de canons. Pour la trempe des canons, le chauffage vertical, substitué au chauffage horizontal, nécessite de nouvelles installations, qui sont bientôt réalisées à Saint-Étienne, à Saint-Charles, chez MM. Marrel et à Unieux.

A l'usine d'Unieux, l'atelier de trempe permet de tremper verticalement des pièces de 11 de mètres de longueur ; pour un diamètre de 2 mètres seulement, il est installé dans une tour de 30 mètres de haut, qui contient le four à chaux au gaz et la bûche de trempe ; la plate-forme de manoeuvre est à 10 mètres au-dessus du sol. A Saint-Amant, le four vertical de 21 mètres de hauteur, entièrement au-dessous du sol, occupe l'extrémité d'une grande fosse au fond de laquelle se trouvent les bûches de trempe, dont la partie inférieure est ainsi à 43 mètres au-dessous du sol. Cette installation gigantesque est des-

servie par un pont roulant de 150 tonnes, qui permet d'atteindre des vitesses d'immersion de plus de 30 mètres à la minute.

En 1898, les aciéries de Saint-Étienne refont de toutes pièces leur installation pour la trempe verticale des canons. La nouvelle solution, intermédiaire entre celles adoptées par Saint-Chamond et par Unieux, n'entraîne d'ailleurs que des frais de premier établissement relativement minimes. Le four vertical, de 20 mètres de hauteur, est immédiatement voisin des fosses de trempes formées par des puits s'enfonçant au-dessous du sol; l'ensemble est surmonté d'un cadre horizontal, simplement porté par quatre colonnes tubulaires en tôle, et sur lequel se meut un petit pont roulant, uniquement destiné à supporter les pièces à tremper pendant le chauffage et pendant l'immersion.

La nouvelle installation est munie de couples thermo-électriques Le Chatelier, permettant de déterminer très exactement la température par le réglage des chalumeaux à gaz. On arrive ainsi à avoir une température rigoureusement uniforme dans toute la longueur de la pièce à chauffer, et comme, d'autre part, on fixe par des observations micrographiques exécutées sur la pièce à tremper quelle est la température de trempe qu'il convient d'appliquer, cette délicate opération de la trempe se fait pour ainsi dire scientifiquement et dans des conditions de précision et de sûreté qui suppriment presque entièrement les pièces manquées. C'est un grand honneur pour les ingénieurs des Aciéries de Saint-Étienne d'avoir ainsi réalisé pour la première fois dans la Loire l'application, à la mesure de la température des fours, des pyromètres électriques installés à poste fixe et dont les indications sont contrôlées dans le bureau même de l'ingénieur chargé du service.

Comme complément indispensable de la fabrication des

lindages, les usines de Saint-Chamond installent deux presses à gabarier de 3.000 et de 3.500 tonnes; à l'usine des Étaings on monte une presse de 4.000 tonnes. En même temps l'on agrandit les ateliers de trempe pour les lindages en acier homogène.

A peine ces installations sont-elles terminées que paraissent les plaques en acier cimenté par le procédé Harvey. Les Aciéries de la Marine, MM. Marrel, les Aciéries de Saint-Étienne traitent immédiatement avec l'inventeur, et, dès 1894, des fours à cémenter et des appareils de trempe spéciaux sont établis à Saint-Chamond et à l'usine des Étaings pour la fabrication délicate des plaques Harveyées.

Pour le finissage des grosses pièces, il faut aussi créer de nouveaux ateliers, où l'on installe des machines-outils permettant de tourner et de forer les tubes de canon et les arbres de navires, de raboter et de mortaiser les lindages dont l'épaisseur dépasse 0^m,40. En 1893, Saint-Chamond termine un grand atelier de 32 mètres de portée et de 120 mètres de long spécialement pour le montage des tourelles cuirassées; cet atelier ne tarde pas à devenir insuffisant, et, en 1898, on met en train un nouvel atelier beaucoup plus important encore, dont la construction n'est pas encore terminée. A l'usine des Étaings une halle de 110 mètres de long sur 30 mètres de large contient les outils pour le tournage et le finissage des éléments de canons, des frettes et des projectiles. Un important atelier de tournage et de finissage est également commencé aux Aciéries de Saint-Étienne en 1897; chaque machine-outil y est commandée directement par un électromoteur.

L'usine de Saint-Chamond est seule outillée pour la fabrication complète des pièces d'artillerie de campagne, des pièces de siège ou de marine, avec les affûts, le matériel divers et les munitions correspondantes. Elle peut

livrer complètement terminées des tourelles tournantes ou à éclipse, des tourelles oscillantes du commandant Mougin et, d'une manière générale, tous les appareils utilisés pour la protection des places de guerre et des navires cuirassés.

A côté de ces ateliers spécialement destinés à la fabrication du matériel de guerre, se développent des ateliers plus modestes pour les fabrications telles que ressorts de wagons et de locomotives, ressorts de carrosserie, bandages, essieux montés, enclumes et bigornes, outils pour l'industrie, instruments d'agriculture, lames de papeterie, etc. Firminy, Unieux, un grand nombre de petites forges des environs de Saint-Étienne conservent des martinets pour la fabrication des socs de charrue; les forges de Rive-de-Gier développent leurs ateliers de matriçage et d'emboutissage pour la fabrication des roues, des essieux et des pièces embouties de toutes sortes. Au voisinage d'Unieux, à Pont-Salomon, de nombreux martinets d'étirage et de platinage sont utilisés à la production des faux et faucilles.

Résultats obtenus de 1880 jusqu'à l'époque actuelle. — Déjà, avant 1850, Pétin et Gaudet forgeaient des canons; un peu plus tard ils forgent des blindages, mais ils ne prévoient probablement pas encore le développement que va prendre dans la Loire la fabrication du matériel de guerre. C'est surtout après 1880, que la métallurgie se transforme en vue de ces fabrications spéciales qui nécessitent des fers et aciers extrêmement purs et un outillage de plus en plus puissant. L'impossibilité de continuer la fabrication des rails et profilés oblige les usines de la Loire à s'attacher à peu près exclusivement aux produits spéciaux et délicats; et, pour le maintien d'un certain tonnage de produits marchands, il faut la création d'ateliers de moulage d'acier et d'ateliers de transformation

L'INDUSTRIE MÉTALLURGIQUE

permettent de livrer au commerce des fils d'acier, des tôles, des essieux, etc.

Le métal fondu se substitue au métal soudé à peu près pour tous les usages; cependant les tôles en métal soudé continuent encore couramment aux Aciéries de Saint-Etienne. Les fours à puddler produisent surtout des fers et aciers destinés à la fusion au creuset. Toutes les installations Bessemer disparaissent; le métal fondu est obtenu au creuset, soit au four à sole par le procédé aux riblons.

Les études suivies mettent en évidence les propriétés mécaniques spéciales et établissent des relations entre les propriétés mécaniques et la composition chimique. La chimie et les essais mécaniques interviennent de plus en plus dans les opérations métallurgiques; les laboratoires et les méthodes d'essai se perfectionnent; les recherches d'Osmond sur la constitution moléculaire des métaux, faites par l'observation au microscope de plaques minces, sont suivies et complétées par des études faites au Creusot et aux Aciéries de Saint-Etienne. Pour la détermination des nouveaux métaux, il faut des dosages rapides et précis et rapides. La méthode de Wiborgh, mise au laboratoire des Aciéries d'Unieux, est appliquée au dosage du carbone; la teneur en soufre s'obtient par le procédé Osmond-Rollet. Les machines d'essais à traction se multiplient; quelques-unes fournissent directement des diagrammes montrant la relation entre la charge et l'allongement.

Le travail mécanique des bouches à feu et des blindages nécessite l'installation de marteaux-pilons puissants et de presses qui tendent à se substituer au marteau-pilon seulement pour le gabariage, mais aussi pour le forgeage. Les plus gros outils de la Loire sont deux marteaux-pilons de 100 tonnes, deux presses de 4.000 tonnes, les nouveaux laminoirs à blindages de Saint-Chamond et l'usine des Étaings.

	1880		1885		1890		1895	
	LOIRE	FRANCE	LOIRE	FRANCE	LOIRE	FRANCE	LOIRE	FRANCE
Fonte.....	60.988	1.725.293	26.546	1.630.648	21.196	1.962.196	19.917	2.003.900
Fers.....	76.841	965.751	43.677	782.431	36.963	808.724	27.850	756.800
Acier Bessemer.....	99.718	359.921	1.000	404.019	”	354.194	”	399.100
Acier Martin.....			32.996	123.829	38.127	193.187	45.600	291.700
Acier puddlé.....	9.603	18.604	3.565	11.746	3.202	16.382	2.152	6.700
Acier cimenté.....	1.163	2.137	6.052	6.948	641	1.301	588	1.300
Acier fondu au creuset....	5.682	7.777	5.106	7.297	9.903	13.377	7.140	11.000
Réchauffage de lingots ou vieux acier.....	”	455	4.540	”	5.398	3.557	5.514	6.871
Total des aciers.....	116.325	388.894	53.259	553.839	57.271	581.998	60.994	716.671

L'INDUSTRIE MÉTALLURGIQUE

Pour l'ensemble des usines, les statistiques officielles du service des mines indiquent les chiffres de production du tableau de la page précédente.

Les principales usines métallurgiques sont à Saint-Chamond, Rive-de-Gier, Assailly, Saint-Étienne, Firminy.

La **Compagnie des Hauts-Fourneaux, Forges et Aciéries de la Loire et des Chemins de fer** possède des établissements à Saint-Chamond, à Assailly, à Rive-de-Gier, à Givors, au Puy. Elle occupe dans la Loire 5.000 à 6.000 ouvriers, dont 3.000 à 3.500 à Saint-Chamond, et la puissance de ses machines motrices est de 10.000 chevaux-vapeur, dont 6.000 à l'usine de Saint-Chamond. Le chiffre de la production dépasse 30 millions.

Les *Usines de Saint-Chamond* comprennent une grande forge Martin-Siemens avec sept fours de 15 à 40 tonnes, un atelier de puddlage, des ateliers de tours et de lamination, une grande et une petite tôlerie, un atelier de grosse forge avec marteau-pilon de 100 tonnes et presse à laminer de 4.000 tonnes, des ateliers de trempe, de dressage, de montage pour les tourelles cuirassées, avec des presses de 3.000 et de 3.500 tonnes.

Les principales fabrications comprennent les grosses pièces de forge, les bandages, les moulages d'acier, les rails et surtout le matériel de guerre : bouches à feu de divers calibres pour l'artillerie de terre et pour la Marine, obus, tourelles et coupoles cuirassées, blindages de toute épaisseur en acier fondu, plaques en acier spécial au chrome et au nickel, plaques Cammel Wilson, plaques cémentées et trempées d'après le procédé Bessemer.

Les *Aciéries d'Assailly*, près Lorette, possèdent quatre fours Siemens de vingt-quatre creusets chacun, un four à l'acier, un atelier de puddlage pour acier avec fours à l'acier du système de Langlade, cinq fours à cémenter, des

ateliers de forge, de laminage, de moulages, un grand atelier de produits réfractaires.

On y produit surtout des aciers fins pour outils, coutellerie et taillanderie, des aciers pour obus, des moulages d'acier, des tôles fines, tous les types de ressorts, entre autres ceux du type Belleville.

Les Forges de Rive-de-Gier, où ont débuté Pétin et Gaudet, sont formées par deux grands ateliers de forge, dont l'un fabrique surtout les pièces employées dans les constructions navales, arbres coudés, étambots, étraves, ainsi que les essieux de locomotives, et l'autre est réservé à la fabrication des roues forgées et à celle des obus.

La Fonderie de Givors, qui est momentanément arrêtée, est outillée pour la production des fontes et des lingots d'acier. On y voit trois hauts-fourneaux et deux convertisseurs Bessemer.

Les **Établissements Marrel frères** comprennent des usines à Rive-de-Gier et à la Capelette, près Marseille. Les usines de la Loire occupent 1.000 ouvriers aidés par des machines motrices, dont la puissance totale est de 3.200 chevaux. Le chiffre d'affaires varie de 6 à 10 millions.

L'Usine des Étaings, de beaucoup le plus important des établissements Marrel, a été créée spécialement pour la fabrication des tôles, des fers spéciaux et des blindages. Elle comprend une aciérie Martin de quatre fours de 35 tonnes, deux fours Siemens à creusets, un atelier de puddlage, des ateliers de grosse forge avec marteaux-pilons de 50 et de 200 tonnes, des ateliers de laminage pour blindages, tôles et profilés, des ateliers de trempe, de finissage et de montage pour le matériel de guerre, avec presse à gabarier de 4.000 tonnes.

Les principales fabrications sont les blindages en métal mixte ou en acier, les plaques Harvey, les canons et les

projectiles, les tôles, les profilés, les ancres pour la Marine, etc...

L'Usine de Rive-de-Gier comprend simplement un atelier de forge et un atelier pour le finissage des obus, des tubes et des frettes de canons. On y produit des arbres coudés ou droits en fer et en acier, des pièces pour quilles, étraves, étambots, gouvernails, etc.

La **Compagnie des Fonderies, Forges et Aciéries de Saint-Étienne** est établie au voisinage de Saint-Étienne ; elle occupe 1.700 ouvriers, dispose de 3.000 chevaux-vapeur et fait un chiffre d'affaires de 10 à 12 millions.

L'Usine du Marais comprend vingt fours à puddler, cinq fours Martin, six laminoirs à tôles pouvant fournir depuis la tôle la plus mince jusqu'aux grosses pièces de blindages, des laminoirs à bandages et à fers marchands, un atelier de moulages d'acier, des ateliers de finissage.

Les fabrications principales sont les tôles de fer et d'acier dont la production atteint 17.000 tonnes, les moulages d'acier, les blindages en acier fondu, les plaques harveyées de moyenne épaisseur, les éléments de canons, les obus, les bandages, les pièces de forge, les réservoirs de torpilles, etc...

La **Société des Aciéries et Forges de Firminy** possède à Firminy des établissements importants qui occupent 2.200 ouvriers ; les machines motrices ont une puissance de 3.000 chevaux-vapeur. Le chiffre annuel des affaires varie 7 à 12 millions. On y voit un haut-fourneau de 200 mètres cubes, un cubilot Rollet, deux fonderies Martin-Siemens avec huit fours, trois fours Siemens pour la fusion au creuset, un grand atelier de moulages d'acier, un atelier de puddlage avec douze fours, des laminoirs à profilés, un train de serpentage, un important atelier de tréfilerie, un atelier de marteaux-pilons, des laminoirs à

petits blindages, des ateliers pour la fabrication des ressorts, enclumes, essieux de charrettes, etc...

Les fabrications sont très variées : elles comprennent les moulages d'acier, les aciers pour outils, les aciers naturels, les aciers cémentés corroyés, les fers marchands de toutes sortes, les fils pour câbleries, cordes de pianos, télégraphe, etc., les outils d'agriculture, les lames de papeterie, les ressorts de tous les types, les pièces de forge, les enclumes en acier fondu, les étaux et soufflets de forge, les essieux de charrettes, le matériel de guerre et surtout des tubes et frettes de canons, des obus, des bandages, des roues, des réservoirs de torpille, etc...

La **Société Jacob Holtzer et C^{ie}** possède les Aciéries d'Unieux, près Firminy, les hauts-fourneaux de Ria dans les Pyrénées-Orientales et une forte participation dans les usines de Pont-Salomon.

Les Aciéries d'Unieux occupent 1.000 ouvriers avec 1.900 chevaux-vapeur ; leur chiffre d'affaires varie de 5 à 8 millions.

Elles comprennent huit fours Siemens de trente creusets chacun, neuf fours à puddler, un cubilot Rollet, douze fours à cémenter, une presse à forger de 2.000 tonnes, des ateliers de marteaux-pilons, six laminoirs à barres et un train à grosses tôles de 2^m,70 de longueur de table et de 0^m,80 de diamètre, douze marteaux à cames pour étirage de l'acier.

Les fabrications consistent en aciers pour outils de tous genres, aciers pour coutellerie, taillanderie, limes, lames de scies, ressorts de locomotives et de tenders, pièces de machines. On y produit encore des pièces de forge, des aciers moulés, des marteaux et outils de forge, des tubes et frettes de canons, des projectiles de rupture, des tôles et plaques pour plastrons de cuirasses, masques et abris sur les navires, etc...

Les Usines de Pont-Salomon, également près de Firminy, mais dans la Haute-Loire, s'occupent exclusivement de la fabrication des faux et faucilles dont elles livrent, chaque année, plus de 500.000. Elles occupent environ 300 ouvriers.

De la **Société Claudinon et C^{ie}** dépendent les usines du Chambon-Feugerolles, qui occupent 650 ouvriers avec une force de 100 chevaux-vapeur et dont le chiffre d'affaires s'élève annuellement à 2.500.000 francs.

Les Forges et Aciéries du Chambon-Feugerolles comprennent deux fours Martin, deux fours Siemens à creusets, trois fours à cémenter, huit fours à puddler, des marteaux-pilons, des laminoirs et divers ateliers.

Les principales fabrications sont les aciers de toutes sortes, les enclumes, les outils, le matériel de guerre, caissons, forges, affûts, projectiles et bouches à feu ; les freins de wagons, les pièces d'attelage et de châssis, les essieux de toutes sortes, les moulages d'acier, les ancres, les pelles, socs, versoirs, ressorts, etc.

La **Société Bedel père et fils** possède les forges et aciéries de la Bérardière, à Saint-Étienne, et dans la Côte-d'Or les établissements de Bèze et Rome.

Les Aciéries de la Bérardière comprennent trois grands fours Siemens à creusets, deux fours à puddler pour acier, des ateliers d'étirage au marteau et des laminoirs. Elles livrent au commerce des aciers fondus, des aciers puddlés et des aciers corroyés ; en 1889, la production a atteint 1.900 tonnes, dont 1.050 tonnes d'acier fondu. La force totale utilisée est de 400 chevaux-vapeur.

— En dehors des usines métallurgiques proprement dites, on trouve dans la Loire un grand nombre de forges qui transforment en produits pour l'industrie, des fers et aciers

achetés dans la région. Les principaux maîtres de forges sont MM. Arbel, Déflassieux, Lacombe, Brunon ; leurs usines sont toutes à Rive-de-Gier.

La raison sociale **L. Arbel, ses fils successeurs**, possède *les forges de Couzon*, où travaillent 300 ouvriers. Le chiffre d'affaires s'élève à 3 millions environ.

L'outillage comprend surtout des marteaux-pilons, dont les plus puissants sont de 10, 20, 35 et 40 tonnes. La spécialité principale de la maison est la fabrication des roues de locomotives, de tenders, de wagons, de roues d'affûts de siège et de campagne, de camions. On produit aussi toutes les pièces de forge.

La Société **Déflassieux frères**, dans ses ateliers de Rive-de-Gier, outillés avec de nombreux pilons, dont deux de 20 tonnes, un de 30 tonnes et un de 40 tonnes, a également pour spécialité la fabrication des roues pour tout le matériel des chemins de fer, locomotives, tenders et wagons.

C'est dans cette maison, qui occupe 200 à 400 ouvriers et atteint annuellement un chiffre d'affaires de 2 à 3 millions, que fut inventé et appliqué pour la première fois le procédé de fabrication des roues par soudage et matriçage au pilon.

La raison sociale **A. Lacombe et fils** possède à Rive-de-Gier des ateliers de forge et de finissage, d'où sortent principalement des essieux coudés de locomotive obtenus par matriçage, qui ont contribué dans une bonne mesure à fonder la réputation de la maison. On produit aussi les essieux de wagons, les étraves, étambots et gouvernails, les bielles, manivelles, etc... Les ateliers mettent en œuvre une force motrice de 350 chevaux-vapeur ; le chiffre d'affaires atteint près de 1 million.

Il convient encore de signaler les ateliers **Barthélemy**

Brunon, aussi à Rive-de-Gier, qui, à l'aide de presses et de pilons, fabriquent des roues en fer forgé, des traverses métalliques en acier plat embouti, des pièces tubulaires, et en particulier des enveloppes d'obus à la mélinite. La caractéristique de l'établissement est l'étirage et l'emboutissage à la presse qui est appliqué à presque toutes les fabrications.

Situation industrielle des usines métallurgiques de la Loire. — Lorsqu'on compare les tonnages indiqués dans la Loire pour le fer et pour l'acier, on constate que la production du fer passe par un maximum vers l'année 1872; pour l'acier, le maximum est atteint en 1880. A partir de 1880, au moment où la production totale de l'acier en France augmente de 50 p. 100 en moins de cinq années, les quantités d'acier livrées par les usines de la Loire tombent brusquement à moins de la moitié de ce qu'elles étaient en 1880. Sur le métal soudé la diminution est presque aussi brusque, mais elle est accompagnée par une baisse générale de la production en France.

A partir de 1885, la production de l'acier se relève sensiblement, elle augmente de 10.000 tonnes environ jusqu'en 1895; le relèvement est encore beaucoup plus notable depuis cette époque. La comparaison avec l'année 1880 est cependant loin d'être favorable à l'époque actuelle; l'ensemble de la production fer et acier est, en 1895, de 89.000 tonnes environ; il était supérieur à 193.000 tonnes en 1880. La diminution dans le chiffre total de la production est donc ainsi supérieure à 100.000 tonnes; et cependant les usines de la région de Saint-Étienne traversent actuellement une ère de prospérité où les résultats pratiques, c'est-à-dire finalement les bénéfices réalisés, sont supérieurs à ceux précédemment obtenus, même dans les années des plus grosses productions (Pl. X, XI et XII).

C'est que le parallèle, qu'on peut établir entre les années actuelles et les années antérieures à 1885, ne doit pas être basé sur les chiffres qu'indiquent les statistiques pour les produits livrés à l'industrie; de même, le parallèle entre la production en tonnes dans la Loire et la production des autres régions métallurgiques de la France ne peut donner qu'une idée inexacte de l'activité industrielle et de l'importance de la métallurgie dans les usines du Centre; ce n'est pas tant les tonnages que la valeur des produits fabriqués qu'il est important de comparer.

Les fabrications spéciales et délicates de la Loire, par suite du soin qui est apporté dans le travail et par suite du choix des matières premières, sont des produits chers dont le prix, rarement inférieur à 300 francs la tonne, s'élève souvent à plus de 300 francs les 100 kilogrammes; pour certaines usines, le prix moyen de vente de la production totale dépasse 1 franc le kilogramme. On conçoit que, dans ces conditions, avec une production relativement faible, les Sociétés métallurgiques puissent réaliser un chiffre d'affaires considérable, qui, en année moyenne, doit certainement dépasser 80 millions de francs.

La situation industrielle des usines de la Loire est donc en fait maintenant excellente, mais l'avenir de la région n'est pas seulement défendu par les fabrications spéciales que les aciéries livrent à l'industrie et surtout à la Guerre, à la Marine et aux Chemins de fer. La solidité des affaires métallurgiques résulte surtout de la prudence qu'ont montrée toutes les Sociétés actuelles dans l'administration de leurs capitaux. Il n'est pas indiscret de rappeler ici, en quelques mots, la situation financière qu'exposent les bilans des Sociétés métallurgiques de Saint-Chamond, de Saint-Étienne et de Firminy.

— A la Société des Aciéries de la Marine, la somme des capitaux immobilisés depuis la création de la Société, en 1871, jusqu'en 1898, dépasse 41 millions, et cependant

les immeubles, les usines, les installations de toutes sortes ne figurent plus à l'actif que pour un peu plus de 3 millions. Trente-huit millions ont été ainsi amortis, et dans ce chiffre figurent les 8 millions consacrés à l'amortissement des forges de l'Adour, créées en 1880. Il n'est pas douteux que, même en supposant les catastrophes les plus invraisemblables, l'actif immobilier de la Société, les usines de Saint-Chamond, d'Assailly, de Givors, de Rivede-Gier, du Boucau, les forêts de Sardaigne, etc., représentent une valeur réalisable bien supérieure à celle qui figure maintenant au bilan.

Bien que la valeur attribuée aux immobilisations soit aussi faible, l'actif de la Société s'élève cependant à 41 millions, représentés, en dehors des 3 millions de *valeurs immobilisées*, par 26 millions de *valeurs réalisables* et 12 millions de *valeurs disponibles*. Encore ne fait-on figurer que *pour mémoire* la valeur des titres industriels que la Société possède en portefeuille et qui sont loin cependant d'être quantité négligeable. Telle est la situation en juin 1898.

Si l'on met en regard le passif de la Société, on constate qu'en dehors des *créanciers* dont le compte créditeur est de 10 millions et demi, les autres comptes qui figurent au bilan sont : le *capital social* pour 20 millions, les *réserves* pour 4 millions environ, et le compte *profits et pertes* pour 6 millions et demi. Après déduction des sommes effectivement dues, il reste près de 27 millions pour les réserves et le fonds de roulement.

L'année 1897-98 se solde par un bénéfice industriel de près de 7 millions ; cependant les attributions diverses au conseil, aux actionnaires ne s'élèvent pas à 2 millions et demi, et 4 millions et demi viennent ainsi s'adjoindre en une seule année aux amortissements ou aux réserves pour consolider la situation financière. Ces capitaux ne restent pas d'ailleurs inactifs, car une direction sage et

prudente propose immédiatement l'augmentation de l'outillage et la création d'ateliers nouveaux; de nouveaux trains à tôles et à blindages établis d'après les idées les plus modernes sont installés de toutes pièces, et les ateliers de finissage des tourelles cuirassées, déjà si grands, mais devenus cependant insuffisants, voient leur surface plus que doublée par la création de nouvelles halles plus vastes encore que celle où peut actuellement s'effectuer le tournage des tourelles toutes montées.

— La situation financière n'est pas moins bonne pour la Société des Aciéries de Saint-Étienne, au capital de 4 millions seulement. En 1897-98, avec un chiffre d'affaires de 11 millions, elles réalisent un bénéfice industriel de 1 million et demi. Au bilan, les usines ne figurent que pour *mémoire*, et le demi-million de travaux neufs effectués dans l'année est immédiatement amorti. Le compte des valeurs réalisables s'élève à 8 millions et demi; après déduction des sommes effectivement dues il reste un solde disponible de 6 millions pour constituer les réserves et le fonds de roulement. Le paiement des dividendes et les attributions au Conseil n'absorbent d'ailleurs pas même la moitié du bénéfice industriel; par contre, là aussi, on songe à l'établissement de nouveaux trains, on agrandit les ateliers de finissage.

— A la Société des Aciéries de Firminy, les installations nouvelles figurent, il est vrai, dans le bilan de 1897-98 pour des chiffres beaucoup plus modestes; cependant le chiffre des bénéfices est relativement plus considérable encore. Le capital social est de 3 millions, et, bien que les bénéfices dépassent 2 millions, on distribue moins de 1 million aux actionnaires et au Conseil. Le solde des bénéfices est employé à compléter l'amortissement des usines qui ne figurent plus au bilan d'entrée de l'exercice 1898-99 que *pour mémoire*, et à fortifier les réserves qui dépassent cependant déjà 3 millions et demi. Il en résulte

qu'après déduction du passif réel le bilan accuse un fonds de roulement entièrement disponible de près de 8 millions.

— On voit, par ce qui précède, que les usines de la Loire non seulement amortissent rapidement leur outillage, mais encore qu'elles constituent des réserves importantes qui leur permettraient, le cas échéant, de traverser une crise ou de renouveler leur outillage et leur matériel, quelque importantes que puissent être les transformations dans les procédés d'élaboration du fer et de l'acier. Malgré les augmentations chaque jour apportées à l'outillage, malgré des amortissements permettant de faire figurer au bilan la valeur des usines simplement pour *mémoire*, on constate que les trois plus grandes sociétés métallurgiques de la région possèdent un ensemble de réserves dont le total atteint 41 millions pour un capital social de 27 millions seulement.

C'est là en quelque sorte un trésor de guerre qui permet de voir venir sans crainte les mauvais jours; son importance est bien faite aussi pour décourager la concurrence que pourraient provoquer les bénéfices réalisés. Les fabrications spéciales de la Loire resteront longtemps encore indispensables aux nécessités de l'armement; l'énorme outillage qu'elles comportent, l'obligation de disposer d'un personnel technique et ouvrier exceptionnel, rendent bien difficiles leur importation dans d'autres régions, où l'on fabrique à meilleur marché. Si elles ont renoncé à l'espoir de voir revenir les gros tonnages atteints en 1880, les usines de la Loire ont donc presque la certitude de conserver les produits chers, qui leur assurent maintenant un chiffre d'affaires suffisant pour rémunérer les capitaux engagés dans l'industrie métallurgique.

Saint-Étienne, mars 1899.

TABLE DES MATIÈRES.

	Pages.
INTRODUCTION.....	357
I. — La métallurgie avant 1815.	
L'armurerie et la quincaillerie.....	361
II. — Période de 1815 à 1840.	
James Jackson à Trablaine.....	368
Beaunier à la Bérardièrre.....	371
De Gallois. — Forges à l'anglaise et hauts-fourneaux au coke..	373
Crise de 1825 à 1830.....	377
Le chemin de fer de Lyon à Saint-Étienne. — Les hauts-fourneaux après 1830.....	379
L'acier au creuset.....	383
Les forges à l'anglaise.....	385
Résultats généraux de la période.....	386
III. — Période de 1840 à 1860.	
Pétin et Gaudet. — Le marteau-pilon.....	389
L'acier puddlé. — Les bandages sans soudure.....	392
Les forgerons à Rive-de-Gier.....	394
Les nouvelles aciéries.....	395
Formation des grandes Sociétés métallurgiques.....	397
Résultats généraux de la période.....	400
IV. — Période de 1860 à 1880.	
Les minerais purs. — Mokta-el-Hadid.....	402
Le procédé Bessemer. — L'acier doux.....	404
Le procédé Siemens-Martin. — Les aciers sans soufflures.....	407
Le travail mécanique des métaux.....	413
Les aciers au creuset. — L'acier chromé.....	415
Résultats obtenus de 1860 à 1880.....	416

L'INDUSTRIE MÉTALLURGIQUE

V. — Période de 1880 à l'époque actuelle.

	Pages.
de 1880. — Les nouvelles fabrications.....	421
iers spéciaux. — Le cubilot Rollet.....	425
ats d'essais sur les aciers au nickel	428
auts-fourneaux. — Le creuset en graphite et le creuset ier.....	435
iers au creuset — Les projectiles de rupture.....	436
r Martin	438
tal soudé.....	440
vail mécanique du fer et de l'acier. — La presse à forger; laminoirs à blindages.....	441
mpe, le finissage et le montage.....	444
ats généraux de la période... ..	447
ion industrielle actuelle des usines métallurgiques de la on de Saint-Étienne.....	456

10000

Fer.
Fer.
Woll
Pyrit
Oere
Plom
Plom
Plom
Zinc
Or...
Or et
Arge
Cuivre
Etain
Merc.
Antim.
Cobalt
Mang.
Sél.
Sulf.
Alun
Spath
Sulf.
Phos.
Kaoli
Stéat.
Topaz
Hémat.
Lign.
Anth.
Roch.

MÉTHODE GRAPHIQUE

POUR LA RECONNAISSANCE ET LA VÉRIFICATION DU TRACÉ

DES

VOIES DE CHEMINS DE FER

Par M. DESDOUITS,

Ingénieur en Chef du Matériel et de la Traction des Chemins de fer de l'État.

L'objet de cette méthode est de relever et d'enregistrer automatiquement au moyen d'opérations simples, rapides et assez précises pour les besoins généraux de la pratique, les éléments d'ordre géométrique qui définissent une voie de chemin de fer : profil en long, devers, tracé en plan, ainsi que les déformations et défauts locaux.

Appliquée à une ligne en cours de construction ou en achèvement, cette méthode doit permettre de vérifier à toute époque la conformité de l'exécution avec les plans officiels ; de suivre en quelque sorte pas à pas le tassement de la plate-forme et les déformations en plan qui se produisent inévitablement dans certaines parties. Pour un réseau en état d'exploitation courante, elle fournit aux agents du service local le moyen de préciser leurs observations journalières en les contrôlant par une représentation matérielle. L'ensemble des diagrammes relevés périodiquement sur chaque section de voie constituera en quelque sorte un journal graphique dont l'examen doit permettre à l'Ingénieur d'apprécier à première vue l'état général d'entretien et de reconnaître quelles sont les parties pouvant exiger d'une manière plus ou moins urgente un travail de révision. Ce mode de contrôle sûr et rapide semble présenter un intérêt tout particulier pour les

chemins de fer sur routes, qui ont pris depuis quelque temps un grand développement et dont l'état d'entretien doit faire l'objet d'une surveillance attentive.

Il est généralement applicable, avec quelques modifications de détail, à la reconnaissance et à la vérification des routes de terre.

La méthode que nous avons à décrire est fondée sur l'emploi du pendule d'inertie, combiné avec un système de mesures chronométriques. Elle n'exige l'emploi d'aucun véhicule spécial. L'appareil enregistreur, de dimensions portatives, se place sans connexion obligatoire avec les pièces de mouvement, soit sur la machine, soit dans un fourgon ou une voiture d'un train, soit encore sur un lorry de la voie.

Le pendule d'inertie, construit primitivement aux chemins de fer de l'État pour la mesure des efforts de traction, a été décrit dans les *Annales des Ponts et Chaussées* (livraison n° 6, 1886) et les *Annales des Mines* (8° série, t. VIII, 1885).

Nous rappellerons qu'il consiste essentiellement en une masse pendulaire, roulante ou suspendue, dont la position d'équilibre relatif à l'intérieur d'un système mobile définit la résultante générale des forces extérieures appliquées à ce système. L'écart du pendule est enregistré, au moyen d'un style, sur une bande de papier qui se déroule par l'action d'un rouage d'horlogerie. L'appareil est établi dans une situation invariable par rapport au système dont on étudie le mouvement ; mais, comme on vient de le dire, sans liaison obligatoire avec la machine motrice ou avec les essieux.

L'agencement primitif du pendule, qui consistait en un secteur roulant, a été modifié en vue de constituer un appareil à la fois plus simple et plus robuste, avec un poids et des dimensions aussi faibles que possible. Il a été

ramené à la forme d'un pendule suspendu de longueur modérée, dont le déplacement est amplifié par des leviers, et auquel le degré d'inertie voulu est fourni par l'addition d'un volant actionné par l'intermédiaire d'un pignon et d'une crémaillère ou d'un secteur denté.

Le déroulement du papier comporte deux vitesses différentes, l'une faible, destinée aux opérations de longue durée, l'autre assez grande pour permettre d'obtenir sur une section d'étendue limitée des relevés très précis.

Nous décrirons successivement, avec les détails nécessaires pour en définir le caractère pratique et le degré d'approximation, les opérations relatives :

1° Au relevé du profil en long (rampes, pentes, paliers, à-coups dans la voie);

2° Au tracé en plan et au devers (développement et rayon variable des courbes, surhaussement et déformations transversales).

Notons, dès à présent, que ces deux séries d'opérations peuvent être, si l'on veut, effectuées simultanément au moyen d'un appareil à double pendule avec enregistrement des résultats sur un diagramme unique.

A. — PROFIL EN LONG.

On peut faire usage, pour l'étude du profil en long, soit d'une locomotive isolée, soit de la machine d'un train de service ou d'exploitation, soit d'un véhicule quelconque de l'un de ces trains, soit enfin d'un lorry ou wagonnet poussé à bras ou actionné par un mécanisme à pédale (draisine).

Dans tous les cas, l'exécution et l'interprétation des relevés reposent sur un même principe théorique qui peut être énoncé comme il suit :

L'appareil pendulaire étant disposé parallèlement au plan diamétral de la voie, et celle-ci supposée d'abord en

MÉTHODE GRAPHIQUE POUR LA RECONNAISSANCE

r, la position d'équilibre du pendule est, comme on le détermine à chaque instant par l'action composée, pesanteur et de l'inertie, cette dernière force égale et contraire à la résultante des efforts extérieurs appliqués au train.

étant la longueur du pendule, y sa déviation mesurée sur la tangente, w l'accélération du mouvement, on a :

$$\frac{y}{\Lambda} = \frac{w}{g}.$$

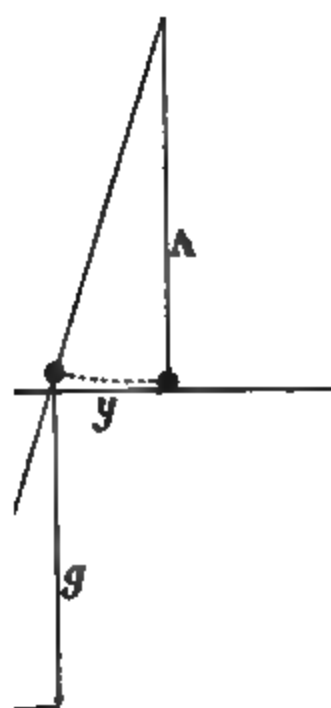


FIG. 1.

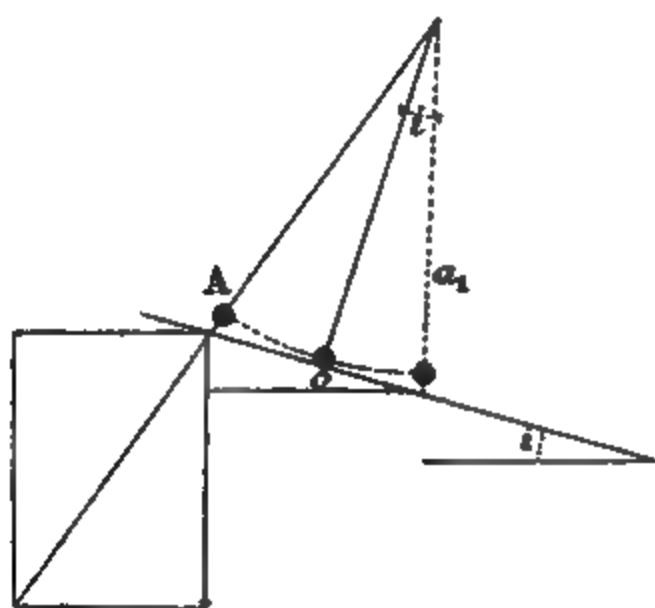


FIG. 2.

l'axe de la voie prend une inclinaison i par rapport à l'horizon, le plan de pose de l'appareil subit le même mouvement angulaire : la ligne d'axe du pendule éprouve un déplacement correspondant $\Lambda \times i$; l'ordonnée du diagramme, toujours comptée à partir de l'axe primitif, accuse une accélération apparente qui diffère de l'accélération réelle d'une quantité correspondante au déplacement de la ligne d'axe sous l'action de la déclivité. Si donc, par quelque procédé quelconque, on a déterminé en même temps

que l'accélération apparente l'accélération effective, la différence des deux mesures (*) fera connaître la quantité dont s'est déplacée la ligne d'axe, en d'autres termes, l'inclinaison de la voie.

La mesure des accélérations réelles s'obtiendra au moyen d'observations chronométriques, en notant, à intervalles rapprochés, les temps employés pour parcourir des espaces de grandeur connue (tours de roues de la machine, longueur des rails, etc.). Soit λ la valeur de l'un de ces intervalles; soient θ_1 et θ_2 deux valeurs consécutives du temps observé; l'accélération w au milieu de la période de temps considérée a pour expression:

$$\frac{\frac{\lambda}{\theta_2} - \frac{\lambda}{\theta_1}}{\frac{\theta_1 + \theta_2}{2}}$$

Il peut arriver comme cas particulier que l'accélération ait une valeur constamment nulle, en d'autres termes, que le mouvement soit uniforme. Dans ce cas, l'appareil fonctionne simplement comme un niveau enregistrant; le diagramme fournira directement et sous une forme continue la mesure de la déclivité.

Cette hypothèse, qui comporte évidemment un grand avantage pour la lecture et l'interprétation immédiate des résultats, peut être pratiquement réalisée lorsqu'on fait usage d'un wagonnet poussé à bras. Il est, au contraire, à peu près impossible d'obtenir l'uniformité effective et permanente du mouvement lorsqu'on opère avec une machine

(*) Cet énoncé suppose implicitement qu'il y ait proportionnalité entre les écarts du pendule et les efforts qu'ils doivent mesurer. Cette hypothèse n'est rigoureusement vraie que pour des angles infiniment petits. Dans l'étude qui nous occupe, les valeurs du déplacement angulaire dû soit à l'inertie, soit à l'inclinaison de la voie, seront toujours assez faibles pour que cette hypothèse n'introduise dans les résultats aucune erreur appréciable (Voir p. 479).

circulant sur un profil variable. De là deux formes d'application distinctes de la méthode qui nous occupe :

L'une, employant les machines ou les trains : elle a pour caractères une grande rapidité d'exécution et la faculté d'effectuer d'un seul jet de longs parcours de reconnaissance ou de vérification, mais elle exige l'enregistrement continu des espaces en fonction du temps et l'analyse plus ou moins minutieuse des résultats ;

L'autre, d'une exécution moins rapide (puisque'elle ne comporte que des parcours effectués au pas de l'homme), mais présentant des résultats plus détaillés et susceptibles d'une interprétation plus immédiate ; par suite, utile surtout pour le contrôle de l'entretien sur des sections d'une étendue limitée.

a. — OPÉRATIONS FAITES A LA MACHINE.
RECONNAISSANCE ET VÉRIFICATION GÉNÉRALE
D'UNE SECTION DE LIGNE.

La détermination du profil au moyen d'une machine isolée ou remorquant un train comporte, ainsi que nous venons de le voir, deux ordres de constatations distinctes :

1° La mesure des accélérations apparentes, directement fournie par le pendule d'inertie, placé en un point quelconque du train ;

2° La détermination des accélérations réelles, déduite de la mesure des temps employés à parcourir des espaces de grandeur connue.

Pour cette dernière constatation, on peut opérer par voie d'observation simple en pointant sur l'appareil enregistreur le passage de certains repères (poteaux hectométriques, joints des rails) ou les tours de roues de la machine ; ou bien, par *enregistrement automatique* l'appareil étant alors relié à l'une des pièces du mécanisme ou à un essieu du train.

Procédé d'observation directe. — Les procédés de simple observation présentent le grand avantage de pouvoir être appliqués indépendamment de toute connexion mécanique : l'observateur se place dans tel véhicule qui lui convient, le pendule étant simplement posé sur le plancher.

L'observation des poteaux hectométriques ordinairement placés le long de la voie serait la manière la plus commode d'opérer ; mais, outre que ces repères n'existent point toujours, notamment sur les lignes de construction récente, leur intervalle est trop grand pour se prêter à une mesure très précise des accélérations ; on n'y aura recours que pour certaines vérifications sommaires.

Le comptage des joints des rails peut se faire par perception acoustique : ordinairement la sensation perçue est bien nette, et on obtient alors, avec la plus grande commodité, d'excellents résultats. Mais il arrive parfois, sans cause bien appréciable, que cette sensation se trouve tout d'un coup amoindrie ou même supprimée — en sorte que l'opération commencée est forcément interrompue. Il est préférable à ce point de vue d'opérer par observation visuelle. Sur une ligne à double voie, il est facile, en se plaçant du côté de l'entrevoie, de compter les éclisses sur la file de rails extérieure de la deuxième voie ; s'il s'agit d'une ligne à voie unique, l'observateur pourra se placer dans la vigie du fourgon de queue et noter le passage des joints des rails à mesure qu'ils apparaissent à l'arrière du train. Quel que soit le mode d'opérer, les points de repère (qu'on peut prendre seulement de deux en deux ou de cinq en cinq rails) seront enregistrés, sur le diagramme même du pendule, au moyen d'un crayon spécial actionné par une transmission à distance (poire pneumatique ou contact électrique).

Le comptage des tours de roues de la machine est une méthode très sûre et que l'on peut rendre commode au moyen d'expédients fort simples : l'observateur étant placé

machine elle-même, soit dans le véhicule de

procédés qu'on vient d'indiquer peuvent être dans des conditions très satisfaisantes, surtout la vitesse de marche n'excède pas 45 à 50 km/h, c'est-à-dire sur des trains de marchandises ou des trains mixtes. L'application en devient, sans cesser pourtant d'être possible, sur les trains de grande vitesse; mais, à cause de l'attention qu'elle exige, on est obligé de limiter l'opération à des trajets de longueur modérée.

Enregistrement automatique. — L'enregistrement automatique des espaces parcourus en fonction du temps présente l'avantage de laisser complètement libre l'opérateur, tout en fournissant des données de grande sûreté et d'une précision absolue. L'opérateur ne connaît rien de la reconnaissance, qui devient purement mécanique, et le résultat est obtenu, sur un parcours qui peut être aussi long qu'on voudra, fournit avec certitude tous les éléments qu'on a en vue.

La condition essentielle de l'enregistrement automatique est la liaison entre l'appareil et le mouvement du véhicule ou de l'un des essieux; il importe que cette liaison soit la plus simple possible et susceptible d'être appliquée sur n'importe quel train.

Le mécanisme qui répond très bien à ces desiderata est le suivant: sur la plaque de fondation de l'appareil est montée une roue à rochet dont le levier est saillant à l'extérieur et relié au mouve-

On n'est pas obligé de se pencher au dehors, il suffit d'attacher le levier à un point du mouvement extérieur de la machine ou à la paroi du véhicule où l'on opère: la tension périodique du levier permet de compter sans fatigue les tours de roues de la locomotive, comme il vient d'être dit, sur l'appareil enregist-

ment de la machine : la roue avance d'une dent par va-et-vient du levier. Un bouton monté excentriquement sur le plateau de cette roue commande le mouvement alternatif d'une petite bielle, dont l'extrémité opposée actionne un crayon, mobile suivant l'une des génératrices du cylindre enregistreur. On conçoit aisément que, par la composition de ce mouvement avec le déplacement chronométrique du papier, le crayon trace une courbe sinusoïdale à échelons, dont chaque période correspond à un tour de la roue à rochet, et chaque élément à un tour de roue de la machine (*fig. 3*).

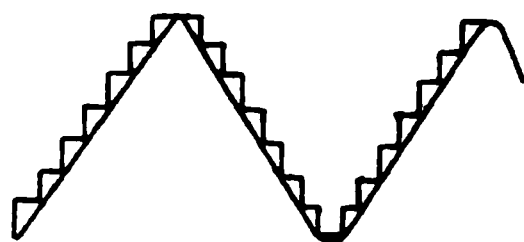


FIG. 3.

Le mouvement du levier de commande du cliquet est obtenu simplement au moyen d'une tringle extensible, dont l'extré-

mité opposée s'attache sur une des pièces du mouvement (collier d'excentrique, tête de bielle d'accouplement, etc.).

Cette installation extrêmement simple s'applique sans difficultés à de longs parcours et aux plus grandes vitesses ; elle permet d'effectuer automatiquement, et en dehors de tout concours matériel de l'observateur, la reconnaissance d'une ligne entière, sans limitation de parcours ou de durée.

Choix du train de reconnaissance. — L'opération qui nous occupe peut être exécutée soit au moyen d'une machine isolée mise à la disposition de l'opérateur ; soit avec un train de service dont celui-ci est libre encore dans une certaine mesure de diriger la marche ; soit enfin avec un train d'exploitation, dont la conduite est en général soustraite à son intervention. Nous considérerons spécialement ce dernier cas, évidemment le moins avantageux au point de vue des facilités offertes à l'opérateur, mais qui répond au caractère propre de la méthode proposée : celui de ne comporter que des opérations courantes,

susceptibles d'être entreprises à tout moment, rapidement conduites et renouvelées autant qu'il sera utile.

Parmi les trains d'exploitation, on choisira de préférence des trains de marchandises ou mixtes ; la modération de la vitesse ne peut évidemment qu'accroître la commodité et la précision des opérations, surtout lorsque l'enregistrement des espaces se fait par observation directe. Avec l'enregistrement automatique, on peut opérer dans de bonnes conditions, même avec des trains rapides et par suite sur de très grandes longueurs de lignes.

Relevé et interprétation des diagrammes. — Pendant tout le parcours du train, le pendule trace automatiquement, et sans que l'opérateur ait aucune surveillance à exercer sur cette partie de l'opération, une courbe des accélérations apparentes. L'aspect de cette courbe dépend de la manière dont la machine a été conduite. Tant que le mécanicien se tient à un cran d'admission déterminé, le diagramme se présente sous la forme d'un trait sensiblement rectiligne et parallèle à la ligne d'axe. Lorsque le mécanicien vient à changer le cran de marche, ou s'il ferme ou rouvre le régulateur, le diagramme présente un ressaut plus ou moins accusé. C'est là une circonstance qui, sans fausser les résultats, doit en rendre l'analyse un peu plus laborieuse ; et on s'en affranchira autant que possible en recommandant au mécanicien de ne pas changer sans nécessité le degré d'admission.

Indépendamment des variations que l'on vient d'indiquer et qui correspondent à un changement réel de l'accélération, le tracé du diagramme présente parfois, de distance en distance, des ondulations ou des dénivellations plus ou moins accusées.

Ces déformations peuvent provenir de deux causes différentes. Les unes présentent un aspect nettement périodique avec un pas à peu près constant et une

amplitude régulièrement décroissante : elles ne sont que la conséquence d'une oscillation momentanée du pendule, consécutive à un choc accidentel ou à un changement brusque de l'effort ou de la déclivité. On les corrigera aisément par le tracé d'une ligne médiane, en s'aidant au besoin de la construction des lignes enveloppes de la partie du trait ondulée.

FIG. 4.

D'autres déformations se présentent, au contraire, isolément sur de faibles longueurs, telles que 20 à 30 mètres. Ces perturbations sont l'indice d'irrégularités locales de la voie et constituent un élément accessoire, mais très intéressant, de l'étude qui nous occupe (*).

Détermination de la ligne de zéro. — En principe, la ligne de zéro est déterminée par la position que prend le pendule, lorsque le véhicule porteur repose immobile sur un rail horizontal (**).

L'horizontalité des rails, même dans les parties considérées comme palier, et en particulier dans les gares, n'est ordinairement pas rigoureuse. Sur la longueur d'un même rail, il peut exister des différences d'inclinaison de plusieurs millimètres par mètre.

En conséquence, pour faire une détermination directe de la ligne de zéro, on devra, l'appareil étant monté en

(*) On conçoit aisément qu'une dénivellation de la voie, même très prononcée mais de faible longueur, n'intéressant qu'une partie du train, soit sans influence sensible sur l'accélération générale. Par conséquent le pendule, au moment où cette partie déformée est franchie par le véhicule qui le supporte, fonctionnera comme niveau enregistreur, et la déformation du diagramme accusera nettement la déformation même de la voie.

(**) L'horizontalité du plan de pose de l'appareil lui-même n'est aucunement obligatoire.

6 MÉTHODE GRAPHIQUE POUR LA RECONNAISSANCE

ace, et avant le départ du train, vérifier exactement avec un niveau à bulle gradué la direction du rail sur lequel pose le véhicule porteur, au milieu de l'intervalle entre deux essieux. Si l'on constate une petite différence avec l'horizontalité, cette différence sera notée avec soin. La même opération sera renouvelée, s'il est possible, à des points intermédiaires et après la fin du parcours. Le tracé définitif de la ligne d'axe sera déduit de la moyenne de ces constatations. Plus tard, ce tracé pourra être, ainsi que nous le verrons, contrôlé d'une manière rigoureuse par le calcul même des résultats de l'opération.

Calcul des accélérations effectives. — Le calcul des accélérations réelles au moyen des relevés chronométriques est une opération un peu minutieuse, plus simple toutefois et plus rapide qu'il ne paraît au premier abord.

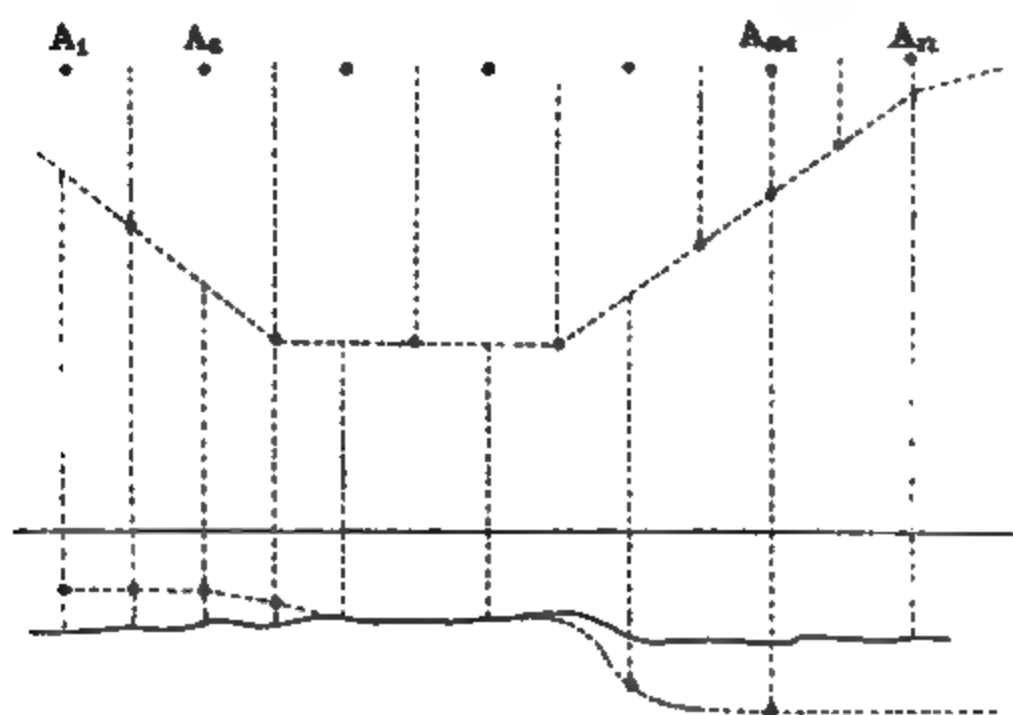


FIG. 5.

Soient $A_1, A_2, \dots, A_{n-1}, A_n$ étant les points marqués aux passages successifs des repères, on lira, au moyen d'une règle divisée à l'échelle des temps, les valeurs des intervalles successifs $a_1, a_2, \dots, a_{n-1}, a_n$.

Le tracé des points de repère et la lecture des intervalles de temps comportent nécessairement quelques inexactitudes partielles. En raison de la continuité du mouvement, on pourra avec *certitude* effectuer la correction des valeurs trouvées par le tracé d'une courbe de compensation.

Soient $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n$ les valeurs corrigées des intervalles de temps ; en divisant par ces chiffres la distance l correspondant à l'intervalle entre 2 repères, on aura les valeurs de la vitesse en mètres(*). Ces valeurs seront portées en ordonnées à une échelle convenue sur le diagramme lui-même, au milieu des intervalles successifs. Les points ainsi obtenus forment par leur ensemble une courbe ou plutôt une ligne mixte qu'on peut décomposer en éléments sensiblement rectilignes.

Tout élément parallèle à l'axe correspond à une accélération nulle ; la correction à apporter au diagramme du pendule se réduit donc à zéro, et l'ordonnée même du diagramme mesure à l'échelle de l'instrument (**) la pente ou la rampe (les rampes étant accusées par les ordonnées positives et les pentes par les ordonnées négatives).

Tout élément assimilable à une portion de droite, inclinée dans le sens des vitesses croissantes, correspond à une accélération positive dont la valeur s'obtient immédiatement en divisant la différence des ordonnées extrêmes par l'intervalle de temps correspondant. Cette valeur, divisée par celle de l'accélération de la pesanteur g , sera portée en déduction de l'ordonnée du pendule et à l'échelle de celui-ci.

(*) On peut même éviter ce calcul au moyen d'une règle graduée spéciale, et lire directement, par la distance entre les repères, les valeurs de la vitesse en mètres.

(**) Cette échelle est de 0^m,001 pour $\frac{1}{1000} g$; en d'autres termes, 1 millimètre correspond à l'accélération produite par une pente de 1 millimètre par mètre.

GRAPHIQUE POUR LA RECONNAISSANCE

nt incliné dans le sens des vitesses décrois-
pond à une accélération négative qui sera
même manière et portée en accroissement
du pendule.

ainsi de proche en proche, on arrive à subs-
ramme primitif une ligne endentée composée
peu près parallèles à l'axe du tracé et dont
positives ou négatives mesurent la rampe
à la voie en chaque point du parcours : les
ier correspondent à une ordonnée nulle, en
es à la ligne d'axe(*).

On vient de définir donne explicitement la
problème. On en déduit aisément la repré-
profil sous sa forme conventionnelle, c'est-à-
distances horizontales prises pour abscisses
hauteur portées en ordonnées à une échelle

as l'application de cette méthode, se dispenser du tracé
vitesses et passer directement de la mesure des inter-
celle des accélérations, au moyen du procédé de cal-

Δ'_i , les intervalles de temps successifs; la vitesse
l'intervalle Δ_i est $\frac{\lambda}{\Delta_i}$: l'accélération entre les inter-
si

$$\frac{\frac{\lambda}{\Delta'_i} - \frac{\lambda}{\Delta_i}}{\frac{\Delta_i + \Delta'_i}{2}} = \frac{\lambda (\Delta_i - \Delta'_i)}{\frac{\Delta_i + \Delta'_i}{2} \times \Delta_i \times \Delta'_i},$$

ment, la variation de vitesse n'étant jamais brusque :

$$\frac{\lambda (\Delta_i - \Delta'_i)}{(\Delta_i)^2}.$$

former un tableau à double entrée qui donnera, pour
minées de l'intervalle Δ_i et de la différence $(\Delta'_i - \Delta_i)$, la
lante de l'accélération. Cette dernière sera portée direc-
ction sur le diagramme du pendule, ainsi qu'il a été
ut.

o ce procédé peut être recommandée pour une opéra-
alemc. Toutefois elle donne moins de garantie contre
leul que l'opération graphique indiquée plus haut.

Degré d'approximation des résultats. — Ainsi que nous l'avons fait observer dès le début, la règle consistant à mesurer la déclivité au moyen de la différence entre les valeurs de l'accélération apparente fournies par le pendule, et celles de l'accélération réelle calculées cinématiquement, n'est rigoureuse que dans le cas d'angles infiniment petits.

Il est facile de reconnaître que l'erreur résultant de cette manière d'opérer est, dans la pratique, tout à fait né-

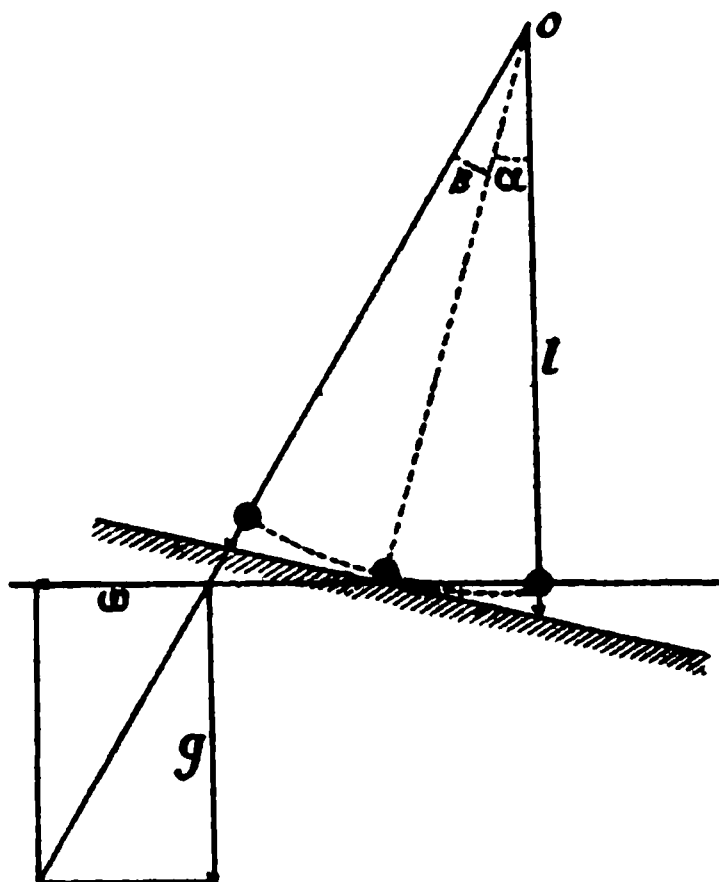


FIG. 6.

gligeable. Soit α (*fig. 6*) l'angle d'inclinaison de la voie. La tangente de cet angle $i = \operatorname{tg} \alpha$ est la déclinaison cherchée.

Soit β l'angle d'inclinaison du pendule par rapport à la verticale primitive : l'accélération apparente mesurée par l'ordonnée y est $gy = g \operatorname{tg} \beta$ (la longueur du pendule étant de 1 mètre).

L'accélération réelle est $g \operatorname{tg} (\alpha + \beta)$.

En opérant comme nous l'avons fait, nous avons substitué à la valeur de la déclivité : $\operatorname{tg} \alpha$, la différence

$$\operatorname{tg} (\alpha + \beta) - \operatorname{tg} \beta.$$

D'après une formule connue, cette différence peut s'écrire :

$$\operatorname{tg} \alpha (1 + \operatorname{tg} [\alpha + \beta] \operatorname{tg} \beta).$$

L'erreur relative sur la valeur de $\operatorname{tg} \alpha$ est donc

$$\operatorname{tg} (\alpha + \beta) \operatorname{tg} \beta.$$

Méthode graphique pour la reconnaissance

La valeur de α est au plus égale à 0,04 sur les lignes de fer les plus accidentées; la valeur de β (qui est le rapport entre l'effort moteur et le poids du train) ne dépasse pas 2 à 3 p. 100. On voit que l'erreur $\tan(\alpha + \beta) - \tan \beta$, imputable au mode de calcul, ne représente qu'une fraction très faible, 1 à 2 maximum, du chiffre de la déclivité.

On a maintenant le degré d'approximation des données qui ont fourni les valeurs : 1° de l'accélération 2° de l'accélération réelle.

Le tracé par le pendule peut être, d'une manière générale, considéré comme rigoureusement exact, les frottements du véhicule assurant, malgré le léger frottement des axes et du crayon, une sensibilité absolue. Il est facile de s'en rendre compte en éloignant, à n'importe quel point, le crayon de sa position d'équilibre (à laquelle on le voit revenir exactement). La compensation des parties ondulées par le tracé d'une ligne droite présente elle-même, si on y apporte le soin nécessaire, une précision irréprochable. En fait, on peut admettre une erreur des ordonnées du pendule, à partir de la position supposée définitivement arrêtée, se fait avec une approximation de moins de 1/2 millimètre et ordinairement 1/4 de millimètre.

Le calcul des distances est obtenu d'une manière évidente et rigoureuse, lorsqu'il est réalisé mécaniquement. Lorsqu'il est effectué par simple observation visuelle ou acoustique, il peut donner lieu à des inexactitudes partielles, mais celles-ci se compensent toujours; il en est de même pour les lectures possibles dans la lecture des intervalles repérés.

À une échelle aussi grande qu'on le voudra la compensation des intervalles de temps mesurés conduira à une rectification irréprochable des ré-

ultats des vitesses partielles d'après les temps cor-

rigés est une opération numérique qui ne comporte aucune incertitude. Il en est de même du calcul des accélérations au moyen des valeurs de la vitesse. La précision du résultat final ne dépend en résumé que de l'intervalle plus ou moins réduit adopté entre les repères. Si on a opéré par longueurs d'environ 25 mètres, le calcul du terme correctif à ajouter à l'ordonnée du pendule se fera avec une approximation au moins égale à celle de cette dernière mesure, soit $\frac{1}{2}$ à $\frac{1}{4}$ de millimètre par mètre.

Vérification de la ligne d'axe. — Tout ce qui précède suppose, bien entendu, la connaissance rigoureuse de la ligne de zéro du pendule.

La méthode que nous avons donnée plus haut permet de déterminer cette ligne avec une approximation suffisante. Mais elle n'est pas toujours d'une application facile. Il sera généralement possible d'y suppléer et d'obtenir une détermination absolument rigoureuse de la ligne d'axe au moyen des résultats mêmes du calcul; il suffira pour cela de connaître, même d'une manière approchée, les cotes d'altitude, ou seulement la différence d'altitude de deux points compris dans la section dont on opère la reconnaissance. Soit en effet Δ cette différence d'altitude. Le calcul du diagramme, tel que nous l'avons exposé, étant appliqué à une ligne de zéro provisoire, conduit à une valeur Δ' de cette différence. L étant la distance entre les deux points considérés, le quotient $\frac{\Delta - \Delta'}{L}$ donne immédiatement la correction à apporter à la ligne de zéro.

Le plus souvent il existe sur la section de ligne parcourue des points tels que les paliers des gares ou bien des ouvrages d'art dont les cotes de nivellement ont été déterminées antérieurement et n'ont pas pu varier d'une manière

sensible ; on se servira de deux des cotes ainsi connues.

S'il n'existe pas de points dont les cotes d'altitude soient connues, on pourra toujours y suppléer avant ou après l'opération au pendule, au moyen d'un seul coup de niveau donné par exemple à proximité de l'une des gares extrêmes du parcours, entre deux points qui peuvent être assez rapprochés ; la rigueur du procédé de mesure suppléant ici à la longueur de la base.

Applications. — Nous donnons, comme exemple d'application de cette méthode, une opération faite entre les gares de La Taye et Bailleau-le-Pin (kilomètre 97 à 100) de la ligne de Paris à Niort. Cette opération a été renouvelée deux fois en vue de permettre d'apprécier le degré d'exactitude des résultats (Pl. XIII).

Pour l'exécution des relevés (diagrammes I et II), on s'est servi d'une machine à voyageurs, à roues de 2^m,00 de diamètre, remorquant un train d'exploitation à une vitesse modérée. Le repérage des espaces se faisait au moyen des tours de roues de la machine, comptés de 4 en 4, soit par intervalles de 25 mètres. Au moyen des intervalles de temps relevés sur les diagrammes et corrigés par le tracé d'une courbe de compensation, on a déterminé successivement les valeurs de la vitesse et celles de l'accélération réelle ; ces dernières divisées par la constante g , et portées, suivant leur sens, en déduction ou en accroissement des ordonnées du pendule, ont fourni le tracé de la courbe des déclivités.

La correction de la ligne de zéro a été obtenue suivant le procédé indiqué plus haut, en se servant des cotes d'altitude de la gare de La Taye et du palier supérieur, fournies par le plan officiel, et qui, en raison des conditions topographiques, n'ont pas pu subir de variation notable.

Enfin le profil en long a été reconstitué sous sa forme

conventionnelle, les distances horizontales étant figurées au $\frac{1}{50.000}$ et les altitudes au $\frac{1}{500}$.

La *fig. 3* (Pl. XIII) montre les résultats des deux opérations rapprochés par superposition et comparés avec les données du profil officiel.

On reconnaît qu'il y a identité presque complète entre les tracés fournis par les deux opérations graphiques ; ces tracés présentent quelques différences d'ailleurs peu importantes avec celui du profil officiel. On constate d'une manière générale que les courts paliers prévus entre les différentes déclivités se sont, en fait, plus ou moins complètement fondus avec ces déclivités : c'est ainsi que la partie de la gare de La Taye qui se trouve aux abords de la rampe cotée 8 millimètres présente elle-même une inclinaison appréciable (1 à 2 millimètres) au lieu d'un palier ; la rampe va ensuite en s'accroissant progressivement et atteint seulement à sa partie supérieure l'inclinaison inscrite de 8 millimètres. On remarque encore que la rampe prévue à l'inclinaison de 13 millimètres présente, en réalité, une inclinaison de 14 à 15 millimètres à sa partie inférieure et seulement 12 millimètres à sa partie supérieure. Cette dernière constatation n'est pas sans intérêt au point de vue de la remorque des trains lourds sur la section de ligne considérée. En effet, la rampe qui nous occupe constitue une exception sur la ligne de Paris à Niort dont les déclivités ne dépassent généralement pas 10 millimètres ; c'est sur ce dernier chiffre que sont réglées les charges des trains. La rampe dont il s'agit ayant une faible longueur et pouvant être abordée en vitesse, on a la certitude de la franchir même avec le maximum de charge, en raison de ce fait que la déclivité va en diminuant à mesure que l'on approche du palier supérieur. Si le maximum de déclivité, 15 millimètres, se trouvait au contraire vers le haut de la rampe, les conditions seraient beaucoup

moins favorables, et il pourrait suffire d'un coup de patinage ou d'une faible chute de pression à la chaudière pour voir le train s'arrêter avant d'atteindre le palier supérieur.

Cet exemple suffit pour faire comprendre l'intérêt qui s'attache à des vérifications de ce genre, surtout sur les sections qui présentent de fortes déclivités, et qui par suite comportent des difficultés particulières de traction. On reconnaitra souvent qu'une rampe dont l'inclinaison est censée uniforme présente, par suite de tassement de la voie, des parties où la déclivité excède le maximum prévu et qui doivent être sinon corrigées, tout au moins signalées pour permettre aux mécaniciens des trains à forte charge de concentrer sur ces parties toutes les ressources dont ils disposent.

La vérification des fortes rampes, qui est l'application la plus utile de la méthode que nous venons d'exposer, est en même temps celle qui offre les conditions les plus favorables au point de vue de la facilité et de la précision des mesures. Ces rampes sont toujours franchies par les trains dans le sens de la montée, à une vitesse réduite sensiblement uniforme. Le calcul des accélérations, facile à obtenir avec une grande précision, fournit le terme correctif — de valeur généralement très faible — à ajouter à l'ordonnée du diagramme, qui lui-même se présente sous une forme très régulière.

b. — OPÉRATIONS AU LORRY.

VÉRIFICATION DÉTAILLÉE D'UNE SECTION DE LIGNE.

L'emploi d'un lorry poussé à bras présente, ainsi que nous l'avons fait observer, ce caractère particulier que l'uniformité de vitesse se trouve en général assez exactement réalisée par la cadence naturelle du pas de l'homme. Dans ces conditions la correction des accélérations dispa-

rait, et le diagramme du pendule donne immédiatement et sous forme continue les valeurs de la déclivité : le pendule fonctionne simplement comme un niveau enregistrant.

Il peut arriver toutefois que l'uniformité du mouvement de propulsion, admise ici comme hypothèse, se trouve momentanément troublée par une circonstance accidentelle quelconque ; ce fait aurait pour conséquence une perturbation immédiate et souvent importante du diagramme. Pour arriver à un résultat exempt de toute incertitude il faut, ou rendre impossibles les variations accidentelles de la vitesse, ou les contrôler, le cas échéant, et en effectuer la correction.

On arrive à rendre impossibles les variations brusques de la vitesse et les perturbations consécutives du diagramme en adaptant au lorry dont on fait usage un volant (qui peut être lui-même un essieu du lorry) mis en connexion avec le mouvement des roues, au moyen d'un engrenage ou d'une chaîne, et animé d'une grande vitesse de rotation (*).

Ce procédé est d'une application facile ; il présente l'avantage de dégager la lecture du diagramme de toute correction éventuelle. Toutefois, comme il suppose l'emploi d'un lorry spécialisé, on peut le considérer comme s'écartant un peu du programme que nous nous sommes fixé.

On arrivera par le seul emploi du pendule, sans aucune installation spéciale du lorry qui le supporte, à un contrôle certain des résultats, au moyen de la simple vérification

(*) Si, par exemple, le poids du volant est $\frac{1}{4}$ de celui du lorry et le rapport de multiplication des vitesses égal à 10, l'inertie du véhicule sera accrue dans le rapport : $\frac{1}{4} \times 10^2 = 25$; en sorte que l'effet d'une variation d'effort qui équivaldrait par exemple à une pente de 10 millimètres ne se traduira que par une perturbation insignifiante et représentant moins de 1/2 millimètre.

des repères de distances (tours de roues) enregistrés sur le diagramme.

Si l'on constate par un examen sommaire — et il en sera ainsi le plus souvent — que les intervalles de temps ne présentent pas de variation brusque sur la longueur entière du parcours, le diagramme du pendule pourra être accepté sans correction. Si, au contraire, sur une étendue ordinairement restreinte, on observe une brusque variation des intervalles entre les repères, la partie correspondante du diagramme (qui présentera elle-même un aspect plus ou moins tourmenté) devra être considérée comme exigeant un calcul de correction(*). Suivant les cas, on substituera simplement à la partie troublée le prolongement du trait régulier qui la précède et qui la suit ; ou bien, pour opérer en toute rigueur, on effectuera par le procédé général et en se servant de la courbe des vitesses, la correction de cette partie du diagramme.

La détermination de la ligne de zéro se fera dans tous les cas comme il a été indiqué pour les opérations exécutées à la machine.

Les relevés faits au lorry, avec ou sans correction des accélérations présentent un degré très grand de précision, à cause de la vitesse de translation réduite et de la faculté d'enregistrer les espaces par intervalles très rapprochés(**).

(*) La pratique montre que les variations de vitesse se produisent surtout à la descente des rampes alors que le lorry doit être non plus poussé mais retenu. Il est facile d'éviter cet inconvénient par l'installation d'un frein de fortune.

(**) Il faut seulement se mettre en garde contre la tendance que pourrait avoir l'une des roues du lorry, principalement dans les courbes, à s'élever un peu sur le rail : d'où une altération du parallélisme au plan de pose de l'appareil et de la voie. A cet effet on évitera d'employer un lorry dont les roues présenteraient un degré notable de conicité.

B. — TRACÉ EN PLAN ET DEVERS.

Principe. — L'appareil pendulaire étant disposé dans un véhicule quelconque à l'intérieur du train, avec son plan d'oscillation perpendiculaire à l'axe de la voie, si celle-ci est en alignement droit et sans devers, la position du pendule doit, pendant la marche, rester invariable sur la ligne de zéro.

Si la voie prend une certaine inclinaison transversale, le pendule est soumis à une composante de la gravité, qui a pour mesure, par unité de poids, le rapport entre le devers (différence de niveau des deux rails) et la largeur de la voie : $\frac{D}{l}$.

Si, d'autre part, le train circule dans une courbe de rayon R , avec une vitesse V , il se développe en sens opposé à l'action du devers (*) une force d'inertie centrifuge, dont la valeur est, par unité de poids : $\frac{V^2}{gR}$.

Soit y l'ordonnée correspondante du pendule, comptée à partir de la ligne de zéro primitive; λ la longueur effective du pendule, on aura l'équation générale :

$$\frac{D}{l} - \frac{V^2}{gR} = \frac{y}{\lambda},$$

Si le même parcours a été effectué deux fois avec des vitesses différentes V_1 et V_2 , y_1 et y_2 étant les valeurs correspondantes de l'ordonnée, on aura, pour déterminer le devers D et le rayon R , les deux équations :

$$\begin{aligned} \frac{D}{l} - \frac{V_1^2}{gR} &= \frac{y_1}{\lambda}, \\ \frac{D}{l} - \frac{V_2^2}{gR} &= \frac{y_2}{\lambda}, \end{aligned}$$

(*) La valeur du devers est toujours assez réduite pour que la composante de la gravité dirigée parallèlement au plan de la voie puisse être confondue avec sa projection horizontale.

MÉTHODE GRAPHIQUE POUR LA RECONNAISSANCE

particulier l'une des deux opérations a été faite à une vitesse assez faible pour que la valeur du $\frac{v^2}{R}$ soit négligeable, le rayon R se trouve éliminé, l'opération correspondante donne simplement la valeur D :

$$D = \frac{y'}{\lambda}.$$

Les relevés ayant pour objet l'étude du devers et du plan peuvent être faits concurremment avec ceux qui rapportent au profil en long ; soit qu'on fasse usage de deux appareils, l'un placé longitudinalement, l'autre transversalement, et inscrivant séparément leurs indications, soit qu'on dispose d'un appareil pourvu de deux tambours, l'un longitudinal et l'autre transversal, inscrivant à l'aide d'un renvoi de mouvement leurs indications sur le même tambour.

Les deux modes d'opérer reviennent en réalité à un seul, la corrélation des résultats étant assurée, dans le premier on emploie deux appareils, par le synchronisme des mouvements d'horlogerie.

Méthode des opérations. — La méthode qu'on vient de décrire comportant essentiellement deux séries de mesures à des vitesses différentes, dont l'une assez grande pour provoquer un développement notable de force centrifuge, on est conduit obligatoirement à se servir d'un véhicule d'une machine (l'emploi du lorry pouvant donner des résultats, mais non le rayon des courbes).

Il importe, pour la précision des mesures, qu'il y ait une différence assez grande entre les vitesses des deux parties. On emploiera utilement un train de marchandises, marchant à une vitesse moyenne de 30 à 35 kilomètres à l'heure, et un train de voyageurs marchant à peu près uniformément à 60 kilomètres.

Sur une ligne à voie unique, les deux parcours pourront être faits indifféremment soit dans le même sens, soit en sens inverse ; sur une ligne à double voie, ils seront nécessairement de même sens pour chacune des deux voies.

L'appareil est placé soit sur la machine, soit dans un véhicule quelconque du train. Le repérage des distances se fait, comme pour la détermination du profil, soit au moyen d'observations directes, soit avec le compteur automatique. Cette opération a d'ailleurs ici un rôle moins important que dans le cas précédent ; elle n'est même rigoureusement nécessaire que dans les parties en courbe en vue de la détermination des vitesses. Pour le reste du parcours on peut se contenter par exemple de noter le passage des poteaux kilométriques, à titre de simples repères. Si on dispose de deux appareils, l'un étant installé sur la machine et fonctionnant avec le compteur automatique, l'autre pourra être disposé commodément à l'intérieur du train et servira à l'observation des efforts transversaux, sans qu'on ait à se préoccuper du repérage des espaces ni de la mesure des vitesses.

Relevé et interprétation des diagrammes. — Tout véhicule dans un train en marche supporte, indépendamment de la composante éventuelle de la gravité due au devers et de la force centrifuge due aux inflexions de la trajectoire, des efforts transversaux : les uns d'une durée inappréciable, mais d'une grande énergie, en d'autres termes des chocs produits à la rencontre brusque des joints de rails, en saillie vers l'intérieur de la voie ; les autres un peu plus prolongés, mais encore momentanés et qui constituent les coups de lacet. Sous l'action des uns et des autres, le véhicule oscille plus ou moins sur ses ressorts. Le pendule, impressionné par ces circonstances diverses, subit lui-même des oscillations plus ou moins complexes ; s'il ne

MÉTHODE GRAPHIQUE POUR LA RECONNAISSANCE

sède que peu d'inertie (ce qui est le cas d'un pendule pendu de faible longueur), l'amplitude et la fréquence oscillations seront telles que, même sur une bonne , les efforts durables dont nous nous proposons d'obtenir la mesure se trouveront pour ainsi dire noyés dans semble des perturbations de toute nature (*).

L'adjonction d'un volant conjugué avec le pendule de manière à accroître dans telles proportions qu'on le voudra son inertie, supprime plus ou moins complètement oscillations parasites et permet de discerner nettement effets du devers et de la force centrifuge. Il convient d'ailleurs de ne pas pousser trop loin l'accroissement d'inertie pour qu'il n'en résulte pas de retard sensible sur l'action du pendule. On fera usage, par exemple, d'un volant qui porte à $1' 1/2$ ou 2 secondes la durée d'une oscillation simple.

Dans ces conditions, le diagramme présentera encore des ondulations parfois assez étendues. On en déterminera la ligne moyenne suivant la règle générale déjà indiquée, soit au moyen de courbes-enveloppes, soit plus simplement, si les ondulations sont à courte période, en prenant pour chaque élément le milieu de la distance entre les maxima et minima. On obtient ainsi un diagramme moyen qui, dans tous les cas, présentera une allure régulière ou présentera encore des ondulations plus ou moins notables; ces dernières correspondent à des *inégalités réelles* dans les *devers* ou plus souvent dans la *courbure de la voie*, et elles se retrouveront, comme on va le voir, identiques les-mêmes dans les expériences successives exécutées sur une même section de ligne.

* Nous n'avons pas eu à mentionner ce fait dans le cas du pendule oscillant longitudinalement. Les efforts accidentels ont en effet une intensité beaucoup moindre dans le sens longitudinal; et même sans l'adjonction de volant les indications du diagramme ont toujours été suffisantes.

Applications. — Nous prendrons comme exemple une section de la ligne de Chartres à Thouars, commençant à la sortie de la gare de Chartres (bifurcation du Mans) et présentant, à partir de son origine, deux courbes consécutives d'assez grand développement et de sens inverse, séparées par un alignement droit de faible longueur. Ces deux courbes ont pour rayons, d'après le plan officiel, 700 mètres et 800 mètres.

Il a été fait sur le parcours considéré trois épreuves successives, la première à vitesse réduite (20 kilomètres), les deux autres à des vitesses plus élevées, sans être très grandes (*) (45 à 55 kilomètres).

L'expérience à faible vitesse est destinée à faire plus spécialement ressortir la valeur du devers ; l'action de la force centrifuge qui intervient comme terme soustractif dans l'ordonnée du diagramme n'est alors qu'une faible fraction $\left(\frac{1}{10} \text{ à } \frac{2}{10}\right)$ de la valeur totale de cette ordonnée.

Dans les parcours exécutés à une vitesse voisine de 50 kilomètres, l'action de la force centrifuge est encore inférieure à celle du devers ; mais elle est une fraction notable de celle-ci, et sa valeur est assez grande pour permettre de calculer avec une précision suffisante le terme $\frac{V^2}{gR}$ de l'équation d'équilibre, et par suite la grandeur du rayon en chaque point considéré ; la valeur de la vitesse étant connue par le pointage des repères de la voie ou des tours de roues de la machine.

On a vu plus haut que deux expériences, à des vitesses différentes, suffisent pour déterminer les valeurs corréla-

(*) L'emploi de vitesses très grandes permettrait en principe de donner encore plus de précision à la mesure du rayon ; mais l'exagération des secousses imprimées au pendule rend alors la traduction des diagrammes sinon moins exacte du moins plus laborieuse. Il convient, pour ce motif de ne pas dépasser dans les essais une vitesse de 50 ou 60 kilomètres au maximum.

MÉTHODE GRAPHIQUE POUR LA RECONNAISSANCE

s du devers et du rayon de courbure en tous les points parcourus. La troisième expérience est destinée seulement à fournir une vérification des résultats.

Les fig. 1, 2 et 3 (Pl. XIV) reproduisent les diagrammes obtenus dans chacune de ces trois expériences. Sur chacun d'eux les distances sont repérées à partir d'un point d'origine, qui est le commencement de la première courbe A (le déroulement du papier étant proportionnel au temps, les intervalles correspondant à des distances égales ont des longueurs variables avec la vitesse).

Chacun des trois diagrammes présente l'aspect d'une courbe fortement ondulée, mais dont il est facile, ainsi que nous l'avons dit, de déterminer la direction moyenne par la méthode des enveloppes. Cette opération exécutée, on peut se différencier nettement sur chacun des diagrammes : les parties correspondant à des alignements droits I, H, K coïncident à peu près exactement avec la ligne d'axe ; les deux courbes de sens contraire A et B.

Pour obtenir, suivant la règle générale, les valeurs du devers et du rayon de courbure en un point quelconque, on mesurera sur les diagrammes I et II, à l'échelle de l'appareil (*), les valeurs des ordonnées y_1 , y_2 . Les valeurs correspondantes de la vitesse, déduites également du diagramme étant V_1 et V_2 , la résolution des deux équations

L'échelle du pendule employé pour ces expériences était de 0,2 $\frac{1}{100}$ du poids. Cette échelle doit être affectée d'une légère correction résultant de ce que, sous l'action de l'effort transversal appliqué au véhicule, la caisse s'incline un peu sur ses ressorts, ce qui augmente l'ordonnée du pendule ; la correction toujours positive est de $\frac{1}{20}$ environ, lorsque l'appareil est placé dans un fourgon, ce qui était le cas des expériences ci-dessus. Pour une voiture à ressorts très flexibles la même correction pourrait atteindre $\frac{1}{10}$; dans le cas d'une machine à tender, elle est négligeable.

tions

$$D - \frac{V_1^2}{gR} = y_1$$

$$D - \frac{V_2^2}{gR} = y_2$$

donnera les valeurs du devers D et du rayon R au point considéré.

On a par exemple pour le point kilométrique $0^{\text{km}},150$:

$$y_1 = 0,032,5 ; \quad y_2 = 0,033 ;$$

$$V_1 = 5^{\text{m}},5 ; \quad V_2 = 12^{\text{m}},0.$$

De ces données on déduit :

$$\frac{D}{l} = 0,039, \text{ soit pour } l^{\text{m}},44 \text{ d'écartement } D = 8^{\text{m}},5,$$

et

$$R = 600 \text{ mètres.}$$

En opérant pour le même point avec les diagrammes I et III au lieu de I et II, on trouve pour les valeurs de D et R des chiffres tout à fait concordants. En répétant la double opération sur divers exemples, on reconnaît que l'application de cette méthode faite avec les soins voulus donne une approximation d'au moins 5 p. 100.

On remarquera d'ailleurs qu'en général il importe beaucoup moins de mesurer d'une manière continue et rigoureuse le devers ou le rayon d'une courbe, que de constater les variations que peut subir l'une ou l'autre de ces fonctions, et de reconnaître par suite les points de la voie à corriger. Or cette constatation résulte à première vue de l'examen des diagrammes.

Si nous considérons par exemple la courbe A, le diagramme I, obtenu à très faible vitesse, représente très sensiblement la loi du devers ; nous constatons que ce devers est bien régulier de bout en bout ; le raccordement de la partie déversée avec la partie sans devers, aux deux

extrémités de la courbe, se fait également suivant une progression régulière, sur environ 60 mètres à l'entrée et à la sortie.

Les diagrammes II et III, obtenus en vitesse, accusent au contraire par leur forme ondulée des irrégularités très sensibles. Étant donnée la constatation faite sur le devers, ces irrégularités ne peuvent être imputées qu'à des variations du rayon de courbure. On constate d'ailleurs une concordance complète entre les indications des deux diagrammes, étant tenu compte de la vitesse qui est un peu plus grande dans l'expérience n° 2, ce qui a pour effet l'accuser par une dépression plus prononcée les variations du rayon.

On constate par exemple au point kilométrique 0^m,350 un brusque affaissement de la ligne moyenne correspondant à un accroissement de la force centrifuge, et par suite à une diminution du rayon de courbure. Le calcul donne pour ce point $R =$ environ 500 mètres au lieu de 700 mètres, valeur moyenne du rayon d'après le plan officiel. Inversement, au point kilométrique 0^m,650, l'augmentation de l'ordonnée décele une diminution de la force centrifuge, par suite d'un aplatissement local de la courbe (le calcul donne $R = 780$ mètres). En appliquant le même calcul à divers points, on constate que la valeur moyenne du rayon pour la courbe A ne dépasse pas 650 mètres, chiffre inférieur de 7 p. 100 à l'indication du plan officiel. D'autre part, le développement réel de la courbe est un peu inférieur à l'indication du plan.

Contrairement à la courbe A, la courbe B ne présente pas d'irrégularités notables. On constate seulement une légère dépression de l'ordonnée dans la région moyenne, indice d'une courbure un peu accrue dans cette partie, mais sans variation brusque.

Des irrégularités telles que celles de la courbe A et même d'autres plus importantes se rencontrent très fré-

quemment dans les parties de voie plus ou moins fatiguées. La méthode que nous venons d'indiquer, très rapide dans son application, fournit avec toute la netteté désirable la constatation de ces défauts locaux.

Raccords à l'entrée et à la sortie des courbes. — Il existe dans la pratique une assez grande variété de règles pour l'exécution des raccords, en plan et en **profil**, à l'entrée et à la sortie des courbes. Selon la pratique adoptée, le diagramme d'une courbe, supposée régulière, se présentera sous l'une des formes type suivantes :

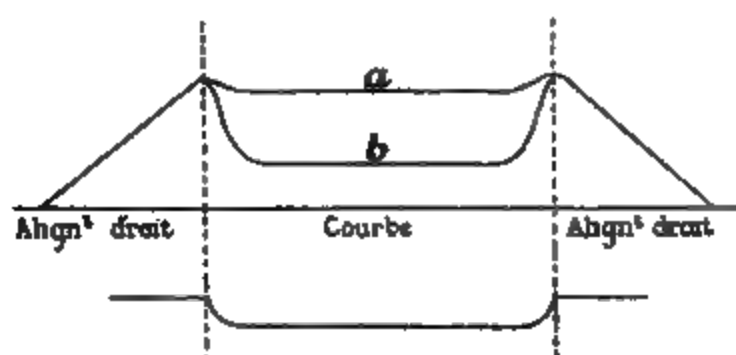


FIG. 7.

1° Si le devers est pris tout entier sur l'alignement

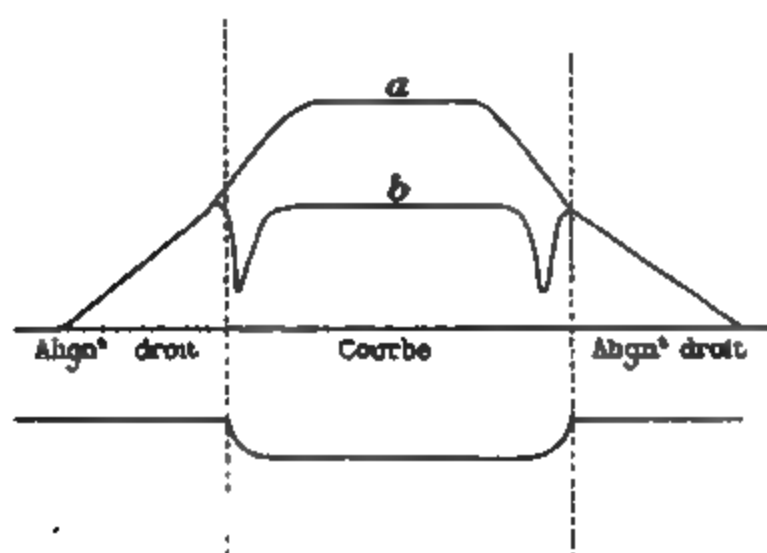


FIG. 8.

droit et s'il n'existe pas de raccordement en plan, l'aspect

général du diagramme sera celui de l'un des tracés *a* ou *b* de la *fig.* 7 ci-contre, selon que l'on opérera à une vitesse faible ou au contraire élevée ;

2° Si le devers est pris en partie sur l'alignement droit et en partie sur la courbe, sans raccordement en plan, le diagramme prendra l'aspect de la *fig.* 8_a ou 8_b ;

3° Si la courbe présente un raccordement en plan correspondant d'une manière plus ou moins rigoureuse à l'accroissement progressif du devers, on obtiendra l'un des diagrammes, d'allure régulière, représentés *fig.* 9.

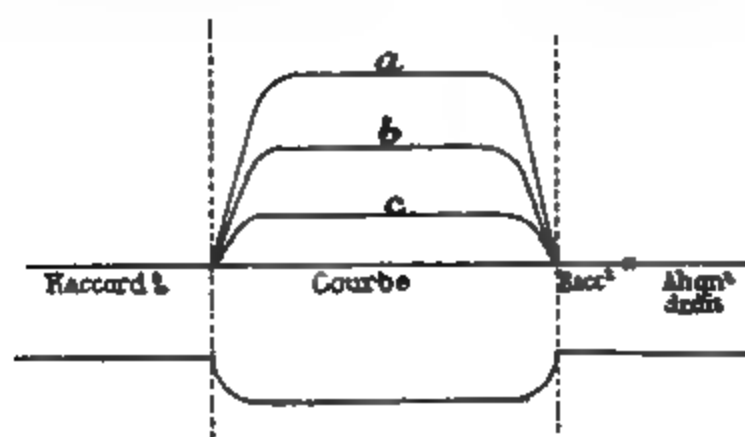


FIG. 9.

On reconnaît que les deux courbes *a* et *b* de la Pl. XIV rentrent dans cette dernière catégorie.

C. — POINTS SINGULIERS ET CHOCS DE LA VOIE.

Dans ce qui précède nous nous sommes attaché à l'étude des éléments d'ordre géométrique qui définissent en quelque sorte la forme générale de la ligne, éléments qui, même dans leurs variations, présentent un certain degré de continuité et dont l'influence sur les trains en marche se traduit par des effets statiques ou dynamiques doués également d'une certaine continuité.

Quant aux particularités absolument locales qui constituent ce qu'on peut appeler les points singuliers de la

voie, joints de rails mal réglés, pointes d'aiguilles ou pointes de cœur, contre-rails de passage à niveau insuffisamment dégagés, coups brusques par suite de traverses affaissées, ou de ripage, les effets qui en résultent sur les trains sont de la nature des chocs, c'est-à-dire qu'ils consistent dans des efforts très grands, mais d'une durée extrêmement courte.

Les chocs ne sont pas susceptibles de mesure; l'intensité de leur action dépend en effet non seulement de la nature de l'obstacle rencontré, de la vitesse et des conditions d'incidence, mais encore de l'élasticité intime du corps choqué. Néanmoins il sera toujours utile de chercher à *enregistrer* les chocs au point de vue de leur emplacement sur la voie et même de leur énergie relative constatée sur un même véhicule.

On peut se proposer d'étudier les chocs longitudinaux et les chocs transversaux. On reconnaît aisément que les premiers n'ont qu'une faible énergie relative, et que c'est à l'observation des chocs transversaux qu'il convient surtout de s'attacher.

Pour cette étude on se servira encore de l'appareil à pendule, mais, contrairement à ce qui a été fait pour l'étude du profil en long et du tracé général en plan, l'inertie du pendule sera réduite à son minimum par la suppression de tout volant. Cette suppression est d'une nécessité absolue, puisque le volant avait précisément pour objet et pour effet de rendre le pendule insensible aux chocs qui forment maintenant l'objet de notre étude. Mais ici se présente une sérieuse difficulté. Les chocs transversaux produits par le réglage toujours imparfait des joints des rails donnent lieu, même sur les meilleures voies, et dans les véhicules les mieux suspendus, à un mouvement oscillatoire du pendule presque continu et de grande amplitude. En effet, après un premier lancé du pendule, la masse mobile décrit une série d'oscillations consécutives, lesquelles se com-

posent avec celles qui peuvent être produites par de nouveaux chocs ; dans ces conditions l'amplitude des mouvements devient parfois excessive, masquant entièrement l'effet des chocs proprement dits.

Pour obvier à cette difficulté, on aura recours à l'expédient suivant : le pendule, au lieu d'être laissé libre d'osciller dans les deux sens, sera maintenu au moyen d'un calage dans une direction initiale faisant un certain angle avec sa position d'équilibre naturel, soit par exemple sous une

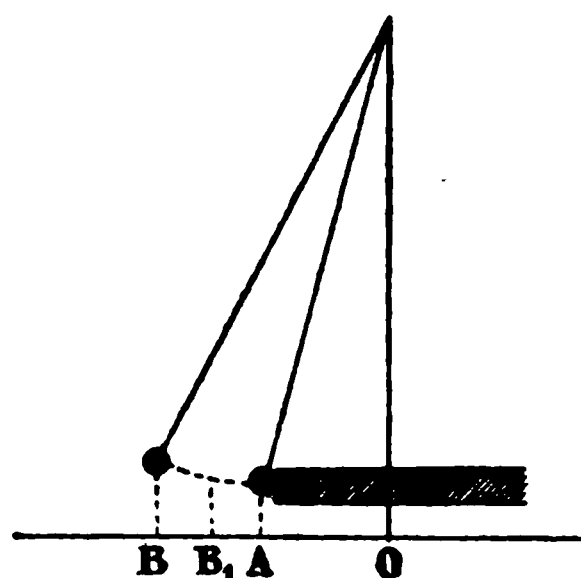


FIG. 10.

inclinaison de 10 p. 100.

Dans cette situation, les chocs peu importants que l'on ressent dans les conditions normales de circulation sur une voie en bon état ne détermineront aucun déplacement du pendule. Lorsqu'un choc d'intensité anormale se présentera, le pendule sera lancé à quelque distance, mais re-

tombera immédiatement à sa position initiale, où il restera en repos jusqu'à ce qu'un nouveau choc produise un nouveau lancé. L'amplitude des divers lancés, ajoutée à la déviation initiale du pendule, donnera, sinon la mesure, du moins un terme de comparaison assez exact des divers chocs éprouvés.

L'observation des chocs de la voie par la méthode que nous venons d'indiquer est une opération très facile et en même temps très fructueuse. Elle comporte toutefois deux observations.

En premier lieu, le pendule, calé comme l'indique la figure ci-dessus, ne sera lancé dans la direction AB que par un choc se produisant de droite à gauche. Mais on peut observer que presque toujours un choc brusque produit dans un sens est suivi immédiatement d'une

réaction à peu près égale en sens contraire, de sorte que l'indication du choc sera fournie ou par l'action ou par la réaction. Rien n'empêche d'ailleurs de disposer l'appareil avec deux masses pendulaires, actionnées l'une vers la droite, l'autre vers la gauche, de manière que l'effet d'un choc soit certainement accusé par l'un ou par l'autre.

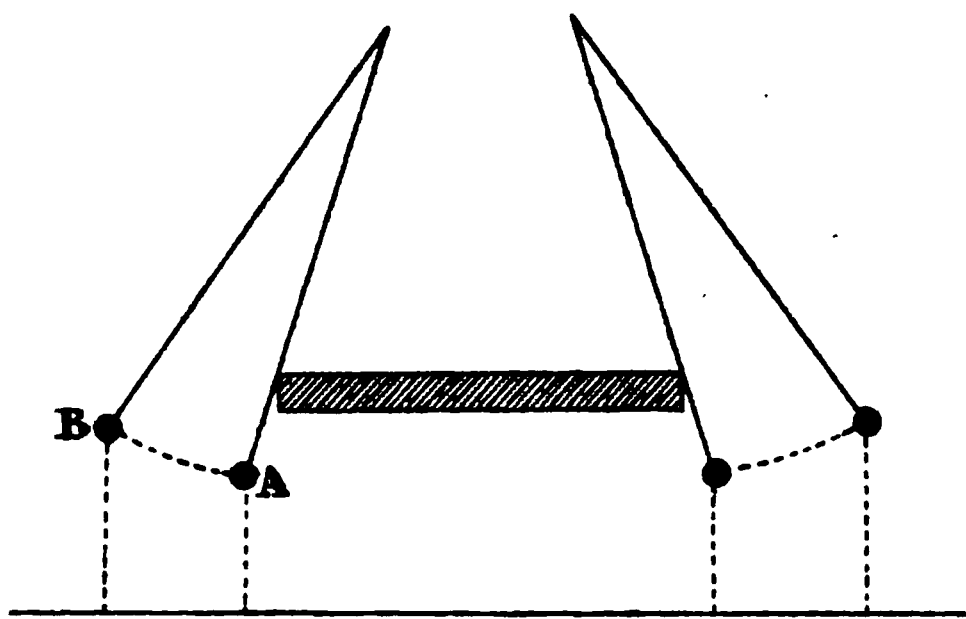


FIG. 11.

D'autre part, il faut remarquer que la composante d'inertie due aux actions combinées du devers et de la force centrifuge dans les courbes a pour effet de déplacer la ligne d'axe à laquelle doivent être rapportées les ordonnées indicatrices des chocs. L'inconvénient est minime si l'on marche à une vitesse assez grande, les actions du devers et de la force centrifuge se compensant à peu près complètement. C'est seulement lorsque l'on parcourt à faible vitesse une courbe à devers prononcé que les lancés du pendule cessent de donner une idée nette de l'importance des chocs produits par la voie. L'emploi de deux pendules opposés permettra encore, par la constatation du déplacement moyen obtenu, d'estimer l'importance du choc produit à un moment donné. Il est bien entendu d'ailleurs qu'en toute circonstance on devra avoir égard à la vitesse du train, qui est un élément très important dans la production des chocs.

L'étude des chocs de la voie, par la méthode sommaire que nous venons de définir, conduit à certaines constatations générales qu'il semble intéressant de résumer ici.

1° Les chocs transversaux de quelque importance se présentent toujours en des points déterminés de la voie, que l'on retrouve les mêmes si on parcourt plusieurs fois la même section. En d'autres termes, ces chocs ne se développent jamais spontanément dans le train(*), mais ils ont toujours pour origine une défectuosité locale de la voie. L'intensité du choc en un point donné peut d'ailleurs varier avec les conditions particulières dans lesquelles s'effectue la rencontre du véhicule avec le point défectueux de la voie.

2° L'intensité totale des chocs ressentis à l'intérieur d'un véhicule est fonction à la fois de l'état de la voie, de la vitesse, et des conditions d'établissement du véhicule (empattement, profil des bandages, suspension); toutefois elle se maintient pratiquement entre certaines limites.

Sur une bonne voie, la valeur des composantes transversales dues aux chocs reste généralement comprise entre 4 et 8 p. 100; en d'autres termes un pendule incliné à l'avance de 4 p. 100 éprouvera presque continuellement de petits lancés, et un pendule incliné à 8 p. 100 restera à peu près constamment insensible.

Sur une voie médiocre, la valeur des composantes de choc varie entre 10 et 15 p. 100; les efforts d'inertie transversaux sont alors comparables aux plus fortes réactions longitudinales que l'on éprouve pendant la période de serrage d'un frein continu à action très énergique.

Des réactions de 15 à 20 p. 100 ne sont observées

(*) Le simple mouvement de lacet ou de serpentement des véhicules n'est pas par lui-même de la nature des chocs, mais il est presque toujours la conséquence d'un choc initial plus ou moins sensible.

que sur des voies très mauvaises ou au passage d'appareils particulièrement durs; des réactions de cette force donnent l'impression d'un déraillement possible.

La cause à laquelle on doit imputer un choc ressenti n'apparaît pas toujours au premier abord. Mais, le point de la voie étant précisé, on arrivera toujours par un examen sur place à reconnaître le défaut existant et, s'il y a lieu, à le corriger.

BULLETIN.

**PRODUCTION MINÉRALE ET MÉTALLURGIQUE DES ILES BRITANNIQUES
PENDANT L'ANNÉE 1897.**

DÉSIGNATION des SUBSTANCES EXTRAITES	QUANTITÉS	VALEUR sur les EXPLOITATIONS	PRIX moyen
1^{re} Substances minérales.			
	tonnes	francs	fr. c.
Houille.....	205.384.010	1.506.643.027	7,33
Schistes bitumineux.....	2.259.325	14.020.706	6,20
Pétrole.....	12	732	61,00
Minerai de fer.....	14.008.484	81.152.790	5,79
— des marais.....	7.238	44.917	6,20
Pyrites de fer.....	10.752	114.120	10,61
Minerai de plomb.....	35.903	6.945.815	193,46
— de zinc.....	19.586	1.744.064	89,04
— de cuivre.....	7.246	471.765	65,10
Cuivre de ciment.....	224	58.510	261,20
Minerai d'or.....	4.589	158.432	34,52
— d'étain.....	7.234	6.411.378	886,28
— de nickel.....	305	7.566	24,80
— d'uranium.....	30	34.476	1.149,20
— de manganèse.....	609	8.852	14,53
Wolfram.....	127	50.642	398,75
Ocre, terre d'ombre, etc.....	14.653	327.784	22,37
Arsenic.....	4.232	1.886.330	445,73
Pyrites arsenicales.....	13.347	270.711	20,28
Spath-fluor.....	302	10.012	33,15
Gypse.....	184.287	1.689.185	9,17
Barytine.....	23.087	608.231	26,33
Sulfate de strontiane.....	15.227	108.698	7,14
Minerai d'aluminium (bauxite).....	13.540	71.196	5,26
Argiles.....	12.908.479	36.647.888	2,84
Ardoises.....	618.341	41.602.307	67,28
Phosphate de chaux.....	2.032	88.270	43,44
Craie.....	3.920.183	4.125.866	1,52
Pierres à chaux (autres que craie)....	11.179.580	29.154.143	2,60
Silex.....	95.209	416.004	4,37
Granite.....	1.876.880	13.936.673	7,42
Gravier et sable.....	1.378.496	2.807.793	2,04
Grès.....	5.043.535	38.452.934	7,62
Quartz.....	459	8.550	18,54
Basalte, etc.....	2.393.243	11.131.881	4,65
Mica.....	5.062	43.555	8,63
Stéatite.....	28	2.472	88,30
Schistes alumineux.....	621	1.917	3,09
Sel.....	1.933.949	15.659.047	8,09
Jais (en kilogrammes).....	38 ^{kg}	202	5,32
Valeur totale des substances minérales.	•	1.816.919.441	•

ULLETIN

	QUANTITÉS	VALEUR sur les EXPLOITATIONS
	tonnes	francs
.....	308.433	2.417.564
.....	1.091.708	7.870.910
.....	2.295.751	16.383.769
.....	576.011	4.824.384
.....	25.514.352	213.152.051
.....	83.583	1.141.129
.....	29 894.833	245.789.807
.....	144.000	893.620
.....	3.642.794	21.852.575
.....	347.267	2.478.294
.....	507.975	3.520.107
.....	1.162.823	8.659.363
.....	4.143.063	29.567.247
.....	386.820	2.760.556
.....	1.483	10.593
.....	16.075.454	101.659.929
.....	911.293	6.503.507
.....	857	6.128
.....	42.729	238.657
.....	2.177.578	15.259.159
.....	4.188	31.197
.....	29.548.324	193.440.932
.....	8.330	58.737
.....	86.465	870.267
.....	14.622	140.652
.....	27.768	241.254
.....	137.185	1.310.910
.....	205.364.010	1.506.643.027

d Report and Statistics relating to
quarries, in the United Kingdom of
Ireland.)

NOTE

SUR LES

GISEMENTS DE MINERAIS DE FER
DES PRESQU'ILES DE KERTCH ET DE TAMAN (Russie)

Par M. BAYARD, ancien élève de l'École Polytechnique.

Historique (*).

En 1832, les gisements de Kertch et de Taman sont signalés par les ingénieurs des mines Gourief et Vozboïnikof. En 1834 et 1838, au *Journal des Mines russe*, Gourief étudie le parti à en tirer pour la création d'une usine métallurgique.

En 1837, Le Play, lors du voyage d'exploration fait sous les auspices d'Anatole Demidoff, étudie ces minerais et les décrit dans la relation de ce voyage (Paris, 1842, t. IV). Il considère qu'auprès de Kamysch Bouroun un lavage de la couche peut donner de 20 à 80 p. 100 de minerai hydroxydé en grains rendant de 40 à 52 p. 100 de fonte, les argiles ocreuses du résidu tenant encore de 12 à 25 p. 100 de fer. La teneur moyenne de la couche serait de 33 p. 100, la puissance de 5 mètres. Il y signale la présence de la vivianite ou fer phosphaté de Kertch, ainsi que des teneurs en manganèse élevées sur certains points, et conclut que ces gisements se trouvent dans les

(*) M. de Keppen, qui a occupé une haute situation au Corps des Mines russe et auquel nous sommes redevable des renseignements relatifs à l'histoire des mines de Kertch, en commence la publication détaillée dans le *Gorno zavodsky Listok*, de Kharkoff, le 1^{er} avril 1899.

meilleures conditions pour l'exploitation et le traitement. A cette étude sont jointes les descriptions et teneurs de 17 échantillons de minerais de Kamysch-Bouroun, Taman et Tobetshik.

Ajoutons de suite que toutes les conclusions de Le Play, après une étude rapide, ont été confirmées par les études faites dans ces trois dernières années, par les résultats d'un millier de puits ou sondages et autant d'analyses.

En 1845, le comte Voronzoff, gouverneur de Crimée, prend l'initiative de la création d'une usine métallurgique: les ingénieurs des mines Gourief et Ivanitzky, chargés de cette étude, décrivent dans un rapport déposé au Département des Mines le gisement de Kamysch-Bouroun, qu'ils considèrent comme « le plus riche de la Russie méridionale ». Ils l'estiment à 46 millions de tonnes, réparties sur une superficie de 12 kilomètres carrés. Une série d'essais faits au laboratoire du Département des Mines montre un rendement de 39 à 40 p. 100 de fonte avec 33 p. 100 de fondant. Un lavage serait inutile; mais un triage enlèverait toute trace du phosphore indiqué par Le Play et contenu dans les parties riches en coquilles. L'exploitation n'en doit pas coûter un kopek par poud (1 fr. 60 par tonne).

Au sud du lac Tobetschik, Gourief constate que le minerai est de puissance moindre, moins compact et moins régulier de composition. A Taman, il ne trouve que des couches dépassant à peine 1 mètre, très riches en coquilles, par suite en phosphore, de fort pendage, avec plissements et rejets nombreux.

Après de nouvelles études en 1846 venant confirmer ces conclusions, le Gouvernement fait construire, à Kertch, un fourneau d'essai.

Les résultats en furent déplorables, et il n'y a pas lieu de s'en étonner: on ne connaissait à cette époque que le traitement des minerais riches et réguliers de l'Oural; on

devait donc rencontrer des difficultés insurmontables au traitement de minerais pauvres, irréguliers, humides et menus. Les fontes, en outre, avec plus de 1 1/2 de Ph, devaient être à peu près inutilisables.

L'échec de cette fabrication amena l'Administration des Mines à remplacer Gourief par l'ingénieur des mines Mévius, en 1851.

Dans des rapports de 1852 et 1853, Mévius étudia à nouveau ces gisements; il indique ceux de Katerless; il conclut à la construction d'une nouvelle usine.

Une fois l'usine construite et après essais préalables au cubilot, il revenait de Pétersbourg pour mettre son haut-fourneau en feu, quand, à son arrivée à Kertch, il le trouve démoli, bombardé par la flotte alliée. Le minerai de Kertch fut décidément abandonné.

En 1896, un groupe d'ingénieurs russes et étrangers reprend l'étude de ce minerai : la teneur en phosphore, surtout jointe à la teneur en manganèse, était devenue un avantage au lieu d'un inconvénient; on avait les éléments d'une excellente fonte Thomas. L'un d'eux, un ingénieur français, vient à Kertch, traite avec la ville de Kertch et avec le propriétaire de Kamysch-Bouroun le droit de recherches et d'exploitation éventuelle de ces gisements miniers; après trois mois d'études, il avait constaté l'exactitude des données anciennes, reconnu ces deux bassins et celui de Baksy. Bientôt le bassin d'Eltiguen était reconnu par la Société d'Ougrée, celui de Yanysh-Takil par la Société de la Providence.

Au milieu de 1897, les minerais de Kertch, oubliés pendant plus de quarante années, reprenaient place parmi les richesses reconnues les plus importantes du sous-sol de la Russie.

Géologie.

La géologie des presqu'îles de Kertch et de Taman a fait l'objet de nombreuses études. Il y a déjà un siècle que Pallas publiait un tableau physique et topographique de la Tauride. Verneuil en 1838, Huot et Le Play, dans l'expédition Demidoff, Dubois de Montperreux, d'Orbigny, Barbot de Marny, Coquand, représentent la part prise par la science française à cette étude. Avec les étrangers Eichwald, Murchison et Brandt, les savants russes Hasagen, Abich, Scouliatchenko, Romanofsky, Golovkinsky complètent la bibliographie très riche relative à ce pays. Dans ces dernières années, la presqu'île de Kertch a été explorée d'une façon plus spéciale encore par M. Lanet, directeur de la Société des pétroles de Crimée, et par M. le professeur Androussof, qui, comme conclusion à de nombreux travaux sur la région, donnait en 1893, dans les *Matériaux pour servir à l'étude de la géologie de la Russie* (vol. XVI), une carte géologique complète et une description géotectonique de la presqu'île. Nous leur empruntons une partie des détails géologiques qui suivent.

Les étages géologiques apparaissant dans cette contrée sont les suivants :

1° *Dépôts quaternaires*. — Sous forme de coquilles marines ou lacustres, cailloux roulés, loess ;

2° *Pliocène supérieur*. — Couches de Tchaouda ; sables d'Aktara Kodjalki et d'Adjibai ;

3° *Pliocène moyen*. — Sables et argiles des bassins de Kertch, Kamysch Bouroun, Yanysh Takil et Adjibai ;

4° *Pliocène inférieur ou pontique*. — Puissance, environ 60 mètres :

Couches supérieures : minerais de fer ;

Couches inférieures : marnes à *Valenciennesia*, grès de

Kamysch Bouroun à *Cardium Abichi*, faluns de Kamysch Bouroun, sables à *Dreissena subcarinata*;

5° *Miopliocène ou méotique*. — Puissance, environ 80 mètres :

Calcaires de construction, avec intercalations de marnes et d'argiles ;

Couches à *Modiola volhynica*, *Dreissena subbasteroti*, *Dreissena Novorossi* ;

6° *Miocène supérieur ou sarmatique*. — Puissance, environ 4 à 500 mètres :

a) Calcaires coralliens à Bryozaires ;

b) Argiles schisteuses et marnes à ciments ;

c) Marnes, sables, calcaires, à *Cardium obsoletum* ;

d) Argiles fragmentées, foncées, à *Cardium protractum*.

Ces deux dernières couches avec imprégnations et affleurements pétrolifères ;

7° *Miocène moyen*. — Puissance, environ 150 mètres :

a) Couches à *Spaniodon*, argiles avec intercalations de sables, marnes et sphérosidériles ;

b) Calcaires de Tchokrak ;

c) Argiles inférieures ;

b) et c) formant l'étage supérieur des couches pétrolifères du miocène.

Configuration générale.

La configuration générale des presqu'îles de Kertch et de Taman (Pl. XV) présente une série caractéristique de bassins successifs synclinaux et anticlinaux dont on a expliqué la formation par les plissements dus à la combinaison de deux systèmes orogéniques, des directions de soulèvement du Caucase et du Tchatyr-Dag, en Crimée.

C'est à ces causes de soulèvement toujours actives, bien que dans une mesure bien atténuée, que l'on peut attribuer

les volcans de boue spéciaux à ces régions et une véritable éruption qui s'y est produite, il y a un siècle. Dans la presqu'île de Kertch, toute la partie supérieure des plissements a été enlevée par des érosions creusant dans les argiles du miocène supérieur et moyen des vallées anticlinales séparées des bassins synclinaux par les calcaires et les marnes du Sarmatique.

Dans la presqu'île de Taman, l'extrémité ouest, seule, montre la même configuration, présente les mêmes collines calcaires : les chaînes de collines parallèles est-ouest qui partent de Taman, de Fontane, aussi bien que de l'extrémité du golfe de Taman, se trouvent sur les argiles du miocène ; ce sont d'anciens volcans de boue qui ont formé ces hauteurs par l'accumulation de leurs déjections et de leurs boues.

Si, dans la presqu'île de Kertch, on descend du nord au sud, on trouve un axe anticlinal passant par Tarkhane avec ses volcans de boue en activité et par Karagar ;

Ensuite la vallée synclinale de Kertch, Pacha-Saline, le lac d'Aktache ;

L'anticlinal de Djerjava, avec ses volcans de boue, Kaline et Chokoul ;

Le bassin synclinal de Kamysch Bouroun et d'Eltiguen ;

Puis, s'inclinant vers le Sud-Ouest, les axes anticlinaux de Tchonguelek et Kop Takil, séparés par le bassin synclinal de Yanysch Takil.

Malgré l'intérêt qui s'attache aux axes anticlinaux au point de vue des naphthes et volcans de boue, nous ne nous occuperons ici que des bassins synclinaux où se rencontre le minéral ; nous dirons seulement que M. Lanet, à une profondeur d'environ 400 mètres, a obtenu un jaillissement important, presque aussitôt arrêté par l'écrasement des tubes, à Tchonguelek.

Le bassin de Kertch, Pacha-Saline, Aktache est entièrement garni par les dépôts méotiques en bancs calcaires

importants, partiellement recouverts par des dépôts quaternaires. Le terrain pontique ne s'y retrouve qu'en certains points : dans le bassin de Kertch où il occupe une superficie considérable, sur la mer d'Azow, auprès de Maiak Saline où il a été jusqu'ici insuffisamment reconnu, enfin au-delà du lac d'Aktache à Cième-Kolodtzeff.

A ce bassin se rattachent quelques témoins de la mer pliocène qui se sont trouvés protégés contre l'érosion par de véritables cirques formés autour d'eux par les calcaires sarmatiques : tels Baksy, Tchokrak-Babtchik, Bourache. Le petit bassin d'Assovina doit être le reste d'un synclinal enlevé par la mer d'Azof.

Le bassin de Kamysch Bouroun et d'Eltiguen a eu sa partie Nord-Est enlevée par la baie de Kamysch-Bouroun ; il est divisé en deux parties par le lac Tchouroubache, et le minéral ne reparait qu'à une certaine distance au Sud de ce lac. Sur tout le reste de son pourtour, il est délimité par les calcaires coralliens du sarmatique.

Enfin le bassin de Yanytsch-Takil, resserré entre deux axes anticlinaux, s'étend sur une assez grande longueur et s'ouvre sur la mer.

A Taman, le bassin minier limité à l'Ouest par la chaîne de Lyssaiagora, au Sud par le mont Zélienskavo, passe entre le volcan de boue éteint, Karabetof, et le golfe de Taman.

Un deuxième bassin minier moins connu se trouverait à l'Ouest du Limane Tzokoure, entre le Karabetof et la montagne Krouglaia.

Mais, à l'Est, les calcaires méotiques semblent disparaître ; le pliocène reposerait directement sur les argiles du miocène ; dans cette région, où ont existé des villes importantes, Koromdama qui est devenue Tmoutarakan et ensuite Taman, ainsi que Phanagoria. on ne retrouve aucune carrière ayant servi à les bâtir.

Stratification des bassins.

s divers bassins présentent la même configuration. Les collines calcaires qui les limitent sont surmontées de témoins, de petits pics, laissés par les sarmatiques; ces hauteurs ont souvent servi de « kourganes », tumuli datant des Grecs, si près de Kertch et de Taman, qui ont fourni les bijoux antiques conservés à l'Ermitage, à Kertch.

Sur les bassins calcaires sarmatiques, s'étendent les calcaires qui renferment toute l'eau potable consommée dans le pays; la presqu'île de Kertch et celle de Taman sont absolument dénuées d'eaux courantes; elles ne sont que des ruisseaux desséchés d'ordinaire, qui après quelques heures d'orage, peuvent devenir dangereux pour causer des accidents graves; c'est ainsi qu'en 1897 une partie de la ville de Kertch fut inondée par les eaux de la vallée de Babtchik débouchant dans la mer de Katerless.

La couche calcaire a été recoupée par tous les puits et les affleurements, par tous les puits artésiens dans la vallée sur les indications de MM. Androussow, Golovkinsky. Foncés plus profondément, ces puits pénètrent dans les argiles gypseuses du miocène et y puisent alors des eaux absolument saumâtres. Les coquilliers du miocène se retrouvent sur les bords de la mer Noire et de la mer d'Azow; ils ont en quelques endroits une homogénéité très grande qui a permis l'ouverture de carrières importantes; on est des plus faciles, la pierre se découpant à la main; les carrières ouvertes auprès de Boul'Adji Mouchkai montrent par leur étendue les énormes quantités de pierre prises depuis deux siècles.

pour construire successivement la ville grecque, la ville turque et la ville russe, qui se sont succédées sur l'emplacement de Kertch. Mais, éminemment friable, cette pierre n'a laissé de la ville ancienne, Panticapée, que des décombres atteignant 3 et 4 mètres de hauteur, sans qu'on ait conservé un seul des édifices qu'elle a servi à construire.

C'est sur les calcaires méotiques que se présentent les couches de minerais de fer du Pontique soit directement, soit séparés par des faluns, comme à Kamysch Bouroun.

Enfin sur les minerais, les argiles et les sables du quaternaire.

Bassins miniers.

Les deux bassins de Kertch et de Kamysch Bouroun sont séparés par l'anticlinal de Djerjava dont le pendage est rapide sur ses deux faces. Les parties opposées des deux bassins sont, au contraire, en plateure, et présentent une superficie considérable permettant l'exploitation à ciel ouvert.

Les limites du bassin de Kertch sont nettement indiquées par les pointements de calcaires sarmatiques, et cela, même du côté de la mer où le bassin se trouve partiellement enlevé ; une ligne de rochers dans la mer, jalonnant la direction Mithridate, Nouvelle Quarantaine, en ferme le contour.

Le minerai, caché d'abord au versant Nord de Mithridate par des constructions, apparaît à la surface du sol avec sa teinte jaune caractéristique dès la sortie de la ville, à la mosquée tartare et après le Schlagbaum. Il continue dans la direction avec le même pendage rapide d'environ 45° au milieu des jardins qui font suite.

Il tourne ensuite vers le Nord-Est, disparaît à l'entrée de la vallée du Mélek Tchesmé, pour reparaitre avant Ka'er-

less avec un pendage Nord-Est de 10° environ. Tous les puits du village ont recoupé le minerai avant d'atteindre les calcaires méotiques. L'affleurement passe ensuite au Sud du village de Boulganak, prend une direction Sud-Est devant Adjî Mouchkai, tourne au Sud-Ouest devant le Tsarsky Kourgane et arrive à l'Ouest de la Nouvelle Quarantaine où il longe un moment le rivage avant de disparaître dans la baie. La puissance varie de 4 à 6 mètres, constatée par un demi-millier de puits ou sondages. Le pendage dans toute la partie Est, derrière le faubourg de la Nouvelle Quarantaine, varie de 5° à 10°.

Ce bassin minier couvre une superficie supérieure à 3.000 hectares, partiellement immobilisés par la présence de constructions et de jardins, mais laissant encore à l'exploitation une superficie suffisante pour donner une centaine de millions de tonnes, sur lesquelles un dixième environ pouvant se prendre à ciel ouvert.

L'existence de ces réserves immenses n'a pas empêché la reconnaissance et la mise en exploitation concurremment d'un autre bassin, celui de Baksy, séparé du premier par une distance d'environ 3 kilomètres.

Bien qu'à la carte d'Androussoff ce dépôt du Pontique ne figurât pas, le minerai s'y constata facilement aux affleurements et fut reconnu par un premier puits qui recoupa 11 mètres de minerai; des recherches méthodiques le délimitèrent entièrement et constatèrent sous le village de Baksy le minerai à 250 mètres de profondeur avec les calcaires et leurs réserves d'eau au mur. L'importance est du quart environ du précédent bassin. Les couches minières du petit bassin d'Assovina se présentent d'une façon intéressante, surmontant une falaise calcaire qui s'écroule dans la mer par tranches verticales successives; on a donc une coupe géologique d'un bel aspect; mais l'importance en est relativement faible, la couche présentant à la falaise sa plus forte épaisseur et s'amincissant

rapidement ensuite ; le minerai entraîné par les eaux a laissé à nu sur une grande étendue le calcaire du mur avec la teinte brune caractéristique qu'il a prise au contact du minerai.

C'est à Kamysch Bouroun que les géologues ont pour la première fois constaté la présence du minerai : une falaise de 40 mètres de hauteur, sur une distance de 2 kilomètres, présente à mi-hauteur une large bande brune presque horizontale, qui se remarque du large quand on arrive à Kertch ; à une extrémité, la mer venant saper la falaise a provoqué des éboulements successifs et, délavant les argiles et faluns, a laissé d'énormes blocs de minerais ; on peut en ce point, soit sur ces blocs, soit sur la couche elle-même, que des glissements ont amenée au niveau du rivage, étudier complètement cette formation minière.

Cette coupe a servi de point de départ à la reconnaissance de la couche, qui se relève légèrement vers le Sud, suit sous des morts-terrains la rive Nord du lac Tchouroubache, reparait dans la propriété Kachoutine, contourne le bassin en suivant les affleurements calcaires à l'Ouest, puis au Nord, et revient joindre la côte sous les maisons du village de la Vieille Quarantaine.

La carte d'Androusof limitait au lac Tchouroubache le bassin pontique de Kamysch Bouroun ; le relèvement des terrains au Sud de ce lac, l'existence au Sud-Ouest d'une masse importante de calcaires à Bryozoaires semblaient justifier cette appréciation ; mais on a constaté qu'à partir de ce petit massif les calcaires sarmatiques prenaient non pas la direction Est-Ouest, mais la direction Nord-Sud, descendant jusqu'au village de Tobetschik pour ensuite remonter parallèlement au rivage, jusqu'à Elti-guen. Sur le plateau ainsi formé on a constaté un important dépôt minier qui se trouve en grande partie compris dans les propriétés Gourief, dans l'héritage de l'inventeur des minerais de Kertch.

On peut attribuer aux bassins de Kamysch-Bouroun et d'Eltiguen une contenance de 150 à 200 millions de tonnes.

Enfin, après l'anticlinal de Tchonguélek, une nouvelle vallée synclinale, la vallée de Yanysch-Takil, présente un nouveau bassin minier.

Mais, bien qu'ouvert sur la mer comme le précédent, il ne montre en falaise qu'une alternance de lits argileux et de couches ferrugineuses minces et pauvres ; c'est plus loin seulement que l'on reconnaît l'importance et la richesse du gisement, se présentant en plateaux d'exploitation facile.

Étude de la couche.

La couche de minerai se trouve composée d'une série de lits successifs d'apparence et de composition différentes, bien visibles en particulier dans la falaise de Kamysch-Bouroun. De bas en haut on y rencontre :

a) Couche de coquilles calcaires empâtées dans un ciment ferrugineux ; c'est le « podroudok », sous-minerai qui se rencontre dans toute la région au mur constitué soit de calcaires coquilliers, soit, comme ici, de faluns partiellement agglomérés. Hauteur, 20 à 30 centimètres ;

b) Argiles ferrugineuses assez sableuses : 10 à 20 centimètres ;

c) Grains concrétionnés très friables, de la grosseur d'une noisette, d'une couleur jaune clair, peu agglomérés entre eux ; épaisseur, environ 1 mètre ;

d) et *e)* Couches à grains plus petits, plus foncés et plus durs, parcourues par un réseau de veines noirâtres qui, s'épaississant en certains points, donnent des cristaux de vivianite.

Ces couches alternent à intervalles de 30 à 40 centimètres avec d'autres couches plus dures, brun bleuâtre, d'un grain plus serré.

L'épaisseur totale de ces couches alternées est d'environ 3 à 4 mètres.

f) Couche de 1 à 2 mètres, sable noir en petits grains, minéral de fer tenant jusqu'à 15 p. 100 de manganèse, plus ou moins semé de coquilles blanches.

g) Couche de 40 à 50 centimètres entièrement formée de coquilles, principalement de *Cardium acardo*, de grandes dimensions et généralement bien conservées, faiblement reliées par une pâte argilo-ferrugineuse; elles sont d'ordinaire remplies par un minéral fortement manganésé et contiennent fréquemment des cristaux de vivianite, qui garnissent quelquefois la coquille de géodes d'un bel aspect. C'est dans cette couche que l'on a rencontré les plus beaux échantillons de ce minéral, autrefois connu sous le nom de fer phosphaté de Kertch. La vivianite, du reste, est disséminée en petits cristaux dans toute la couche à laquelle elle donne sa teneur, pouvant varier de 0,80 à 2 p. 100 de phosphore.

h) Couche supérieure d'épaisseur variable formée de minerais sableux assez siliceux.

Au toit, des argiles bleues, semées de cristaux de gypse ou des argiles jaune clair mouchetées de blanc. Les infiltrations de la surface ont, en certains points, amené, dans le minéral, des dépôts gypseux sans grande importance.

Tel est l'ensemble des couches qui se trouvent à Kamysch-Bouroun, mais que l'on retrouve rarement réunies dans le reste de la région; les couches e) et d) formant d'ordinaire la masse des gisements.

A Katerless comme à Eltiguen, le minéral noir en grains prend la prédominance; il arrive à tenir jusqu'à 15 p. 100 de manganèse. La partie du bassin de Kertch située derrière la Nouvelle-Quarantaine est peu manganésée et ne contient pas les couches à gros grains ou à coquilles. Les bassins de Baksy et d'Assovina se rapprochent plus de Kamysch-Bouroun.

Analyses.

Les tableaux ci-après donnent d'abord une série d'analyses sur les différents lits de Kamysch-Bouroun, puis une série d'analyses avec fer croissant et manganèse décroissant provenant du bassin de Kertch.

ANALYSES DES MINÉRAIS DE LA FALAISE DE KAMYSCH-BOUROUT.**ANALYSES DES MINÉRAIS DU BASSIN DE KERTCH.**

Humidité	8,2	10,3	8,1	8	10,5	10,2	9,5	12,2	9,7	8,6
Perte au feu	10,5	16,4	13,6	10,5	12,7	12	9,1	6,8	14,7	11,9
Silice	15,4	16,9	18,7	19,1	17,1	20	19,4	17,9	16,9	16,3
Peroxyde de fer	37	48,7	53	54	57,9	58,1	59,3	62,9	62,7	61,3
Peroxyde de manganèse	22,4	11	6,9	5,8	3,8	1,4	0,7	1,7	0,8	1,2
Chaux	0,5	0,6	1,7	1,7	1	1,1	1		0,6	0,9
Magnésie	1,4	0,9	1,2	1,9	2,5	1,4	1,1	1,1	0,4	0,2
Acide sulfurique	0,3	0,2		0,2		0,2	0,2	0,3	0,1	0,2
Acide phosphorique	1,4	1,8	2,2	2,0	2,2	2,4	2,2	2,2	2,8	1,8
Alumine	0,1	22,5	3,7	4,8	2,8	3,1	7,1	6,5	1	2,2
Fer	25,9	34,1	37,1	37,8	40,5	40,6	41,5	44	44	44,1
Manganèse	17,3	8,9	5,3	4,5	2,9	1,1	0,5	1,3	0,6	0,8
Soufre	0,1	0,09	0,01	0,06	0,02	0,06	0,06	0,1	0,04	0,04
Phosphore	0,6	0,8	1,00	0,9	0,9	1,05	0,96	1,21	1,2	1,21

Recherche et essai des minerais.

Les premières recherches entreprises sur ce gisement consistaient en puits de 1 mètre sur 1^m,50, foncés sans

boisage jusqu'à une profondeur de 20 mètres; perpendiculairement à la direction des affleurements et sur tout le pourtour du bassin des lignes de puits furent établies et prolongées par des sondages à 12 centimètres de diamètre sans tubage.

Une fois constatés les contours du bassin, les emplacements prévus pour l'exploitation furent couverts d'un quadrillage de puits à 50 mètres de distance. En même temps on ouvrait quatre carrières, l'une à Katerless, une autre à la Nouvelle Quarantaine, deux enfin à Kamysch-Bouroun, qui fournirent 2 à 3.000 tonnes de minerais envoyés pour essais au fourneau, tant aux usines d'Ougrée en Belgique qu'à la Société de Briansk à Ekatérinoslaw. Des essais analogues furent faits par la Société de la Providence sur les minerais du bassin de Yanysh-Takil.

Ces expériences en grand démontrèrent la possibilité d'utiliser les minerais de Kertch, non seulement en mélanges, mais purs, la question de consommation de coke étant réservée. Des fontes, obtenues au traitement pur, donnèrent les analyses reproduites ci-dessous. L'allure fut intentionnellement maintenue chaude pour éviter les dérangements de fourneau possibles avec un minerai nouveau et complètement menu. A ces analyses sont jointes celles de diverses fontes Thomas, montrant l'analogie de composition avec celles de Kertch.

	Si..	1,49	Mn..	4,25	S..	0,034	Ph..	2,08
		1,30		3,93		0,044		2,14
Kertch.		1,24		2,33		0,105		2,07
		1,35		1,82		0,103		2,12
		0,88		1,84		0,112		2,07
Diverses		1,18		1,63		0,091		1,75
usines		0,98		1,63		0,091		1,75
françaises		0,60		2,00		0,060		2,00
et		0,50		1,50				1,80
étrangères.		0,75		1,85		0,039		1,907
		1,12		1,20		0,064		1,760

NOTE SUR LES GISEMENTS DES MINERAIS DE FER

usines métallurgiques utilisant ces minerais.

rec des teneurs variables en fer et en manganèse, les rais des différents bassins se prêtaient à peu près ment à la fabrication de la fonte Thomas. L'exploit- n s'en montrait partout également aisée. Mais, au , de vue des facilités de transport, les divers ns différaient notablement. Tandis que Kertch et ysch-Bouroun disposaient de rades excellentes, tan- ue Kertch devait être prochainement relié au réseau chemins de fer russes, El-Tiguen et Yanysh-Takil, ouvaient espérer de voie ferrée; ils ne pouvaient dier que par mer et devaient charger sur une entièrement découverte, dans des parages dan- ux quand soufflent les vents du Sud ou de l'Ouest. On ouvait dans ces conditions songer à établir d'usines llurgiques sur ces minerais; aussi les Sociétés grée et de la Providence reportèrent-elles leurs s-fourneaux dans la direction du charbon; elles tallèrent sur la côte Nord de la mer d'Azow, à Tagan- et à Marioupoul.

iant aux minerais de Kertch et Kamysch-Bouroun, ouvait aussi facilement les exporter que leur apporter arbon nécessaire à les fondre; comme pour les mino- orrains, c'est la dernière solution qui a prévalu: avec erfectionnements apportés à l'utilisation des gaz de s-fourneaux et de fours à coke, une aciérie peut ne mmer que le charbon nécessaire au coke de ses s-fourneaux. Il y a donc intérêt à transporter le char- au lieu du minerai.

emplacement de Kertch offrait, du reste l'avantage, rmettre toute l'année les expéditions en mer Noire, s que la mer d'Azow est au moins quatre mois de ée obstruée par les glaces.

Enfin les avantages des terrains mis à la disposition de l'usine par la ville de Kertch, comptant sur l'industrie pour lui rendre un éclat plusieurs fois éclipsé au cours de vingt-cinq siècles, le bas prix des castines prises immédiatement au mur de la couche de minerai, la possibilité enfin de recevoir éventuellement du Caucase des naphthes et des minerais spéciaux, décidèrent la Société des usines de Briansk, acquéreur des concessions de Kertch et de Kamysch-Bouroun, à construire auprès de Kertch une usine métallurgique.

Exploitation et préparation des minerais.

Les exploitations de minerais ont été ouvertes à Kertch dans les parties du bassin les plus proches de l'usine : dans le bassin de Baksy, et à l'extrémité du bassin de Nouvelle Quarantaine, d'où le minerai arrivera par une voie ferrée d'une longueur totale d'environ 5 kilomètres. Il sera mélangé à celui de Kamysch-Bouroun arrivant par bateau et déchargé dans l'usine même.

L'exploitation se fait à ciel ouvert ; elle comprend une découverte plus ou moins considérable de terres argileuses ; puis l'enlèvement de la couche d'une consistance analogue ; il n'y a donc qu'à faire une organisation aussi complète que possible de chantiers de terrassements donnant le mètre cube au plus bas prix de revient ; on compte, d'ailleurs, employer des excavateurs. Le prix de revient sera, dans ces conditions, des plus minimes.

L'état physique de ce minerai sableux et terreux presque absolument dénué de gros morceaux, donna d'ailleurs l'idée de l'enrichir par un lavage et de l'agglomérer pour en rendre plus facile le traitement au haut-fourneau ; on devait craindre en effet autant le collage de la masse et la formation de blocs imperméables aux gaz que la filtration au travers du coke des minerais menus, coulan

par intervalles à l'état cru et même humide jusqu'au creuset du fourneau, occasionnant ainsi des refroidissements inattendus et dangereux pour la bonne marche.

L'enrichissement aurait eu pour but de séparer par un débouillage les grains ferrugineux riches, de la masse plus argileuse dans laquelle ils sont empâtés. Mais des essais préalables n'ont pas encouragé dans cette voie. Une classification par grosseur et par densité a bien montré un enrichissement, mais relativement faible : de 35,85, moyenne de la teneur en fer, on obtenait 40 p. 100 sur un quart de la quantité traitée, tandis que l'on avait moitié de schlamms tenant encore de 33 à 34 p. 100 de fer. La perte eût donc été trop grande et l'augmentation de prix de revient trop notable. Il y avait à craindre, en outre, que la préparation mécanique d'un minerai aussi friable n'augmentât encore la proportion des boues obtenues.

On se contentera donc d'agglomérer les minerais. Une importante installation de presses Biétrieux permettra de passer au fourneau une moitié au moins du minerai sous forme de briquettes, qui augmenteront notablement la perméabilité du lit de fusion, cette agglomération permettant, en outre, de mélanger intimement au minerai une certaine proportion de chaux ou de fines de coke autrement inutilisables.

Dans le courant de 1899, toutes les installations relatives à l'exploitation des minerais, aux transports par fer et par eau, seront terminées et un premier haut-fourneau sera mis en feu, qui montrera sous quelle forme et avec quelle préparation se fera la meilleure utilisation du minerai de Kertch employé sans mélange.

COMMISSION DES SUBSTANCES EXPLO

RAPPORT

SUR LES

EXPÉRIENCES FAITES AUX MINES DE

LE 6 JUILLET 1898.

**ÉTUDE DES CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT
DES DYNAMITIÈRES SOUTERRAINES.**

Deux séries d'expériences, exécutées antérieurement par la Compagnie des Mines de Blanzky, sous le patronage de la Commission des substances explosives (*), ont eu pour but de définir les conditions qu'il convient d'adopter pour l'établissement des grands dépôts de dynamite à l'intérieur des mines qu'à la surface du sol.

Une troisième et dernière série d'expériences a été faite pour étudier les conditions d'établissement des dépôts souterrains de dynamite, dans lesquels on a mesuré la consommation journalière de la mine. La consommation de ces dépôts varie, en général, de 1 à 20 soit 20 à 100 kilogrammes de dynamite.

Les questions que ces expériences avaient pour but d'élucider étaient au nombre de deux :

1° Quelle est l'importance des dégâts que

(*) Voir *Annales des Mines*, 1^{er} vol. de 1897, p. 86, 119, et 1^{er} p. 644, 663.

d'une caisse isolée de dynamite peut occasionner dans les organes essentiels de l'aérage : portes et ventilateurs ?

2° Est-il possible, par une disposition convenable des caisses de dynamite emmagasinées dans un dépôt, d'éviter que l'explosion d'une caisse entraîne celle des caisses voisines ?

La réponse à ces questions devait fournir les éléments nécessaires pour définir l'emplacement dans la mine et l'importance que l'on peut donner aux petits magasins de dynamite sans compromettre la sécurité générale.

Accessoirement, une solution favorable de la seconde question pouvait donner un nouveau mode d'établissement des grands dépôts souterrains n'entraînant pas l'emploi, très coûteux, du tampon obturateur. Du moment où l'inflammation ne se transmettrait pas d'une caisse à l'autre, l'augmentation du nombre des caisses emmagasinées ensemble n'augmenterait pas généralement la gravité des effets produits en cas d'accident.

Le programme de la première expérience comportait l'étude des dégâts occasionnés par l'explosion d'une caisse de dynamite sur des portes et ventilateurs installés à différentes distances.

Pour ces expériences on a utilisé une longue galerie mettant en communication la carrière de remblais Mau-grand avec le puits Saint-Pierre (Pl. XVI, *fig.* 1 à 3). Par suite de l'avancement des travaux, cette galerie devait être mise hors de service pendant le courant de l'année 1898. On profita de cette circonstance pour la réalisation d'une expérience qui pouvait amener l'effondrement, sur une certaine longueur, de la galerie utilisée.

Un barrage fut installé à 150 mètres de l'entrée de la galerie : il était constitué par un mur de briques M derrière lequel se trouvait un remblai R de 10 mètres d'épaisseur. C'est au pied de ce mur que la caisse renfermant 20 kilo-

grammes de dynamite n° 1 fut placée. En avant, on installa une première porte P à 10 mètres de la caisse, une seconde P' à 50 mètres et, enfin, une réduction de ventilateur V à 140 mètres, c'est-à-dire tout près de l'orifice de la galerie. Cette galerie avait 4 mètres carrés de section ; elle était boisée, mais ce boisage, étant en assez mauvais état de conservation, fut, sur une certaine longueur à partir de la caisse, consolidé par des chandelles soutenant les chapeaux vers leur milieu.

Les portes étaient ouvertes dans un mur en briques de 0^m,30 d'épaisseur, solidement appuyé sur le terrain ; la section libre représentait la moitié de la section totale de la galerie. Le battant de la porte était fait en planches de 10 millimètres d'épaisseur réunies par un cadre en bois et fixé sur deux longues ferrures portant les gonds. La première porte, qui était à 10 mètres de la caisse, s'ouvrait vers l'intérieur, et l'autre vers l'extérieur.

Le ventilateur, ou plus exactement le schéma d'un ventilateur, était constitué par six bras en bois sur lesquels étaient légèrement clouées, par quelques pointes, des planches de 10 millimètres d'épaisseur ; il occupait environ les 2/3 de la section de la galerie ; il était mis en mouvement de l'extérieur, au moyen d'une corde passant sur une poulie.

Au moment de la détonation de la caisse, il se produisit un coup de vent à l'extrémité ouverte de la galerie, amenant avec lui un nuage de poussière, qui avança au dehors jusqu'à 5 mètres environ, puis deux autres souffles à une seconde environ d'intervalle et de plus en plus faibles.

En rentrant dans la galerie, on constata que l'une des planches formant ailettes du ventilateur avait été déclouée ; mais rien n'avait été brisé. La planche enlevée, fixée seulement par des pointes très courtes, aurait pu être arrachée à la main. Un ventilateur réel, qui aurait été beau-

coup plus robuste, n'aurait certainement subi aucune avarie.

La porte P', placée à 50 mètres, avait été enlevée tout d'une pièce et projetée à 21 mètres ; ses ferrures étaient arrachées et tordues. Le chapeau et les montants qui encadraient la porte avaient été ébranlés ; la maçonnerie était intacte.

Mais, au delà, la galerie était éboulée ; une bande de rocher s'était détachée de la couronne de la galerie sur 15 mètres de longueur à partir du mur fermant la galerie. Partout ailleurs le boisage n'eut pas de mal, sauf quelques chandelles qui furent renversées.

Quatre lampes qui avaient été placées sur le sol de la galerie, à 20 mètres de distance l'une de l'autre à partir de la seconde porte en se dirigeant vers l'entrée de la galerie, furent toutes renversées et, par suite, éteintes. Une lampe accrochée au parement, à côté de la dernière, ne s'est pas éteinte.

Avant de discuter les résultats de cette expérience, il faut préciser en quoi ses conditions diffèrent de celles qui se rencontreraient en cas d'accident survenant dans un magasin réel. En général, le magasin et la galerie d'accès seront murillés, ce qui amènera une moins rapide atténuation de l'onde projetée par l'explosion que dans le cas d'une galerie boisée. Par contre, au lieu d'une galerie rectiligne, on ferait toujours un magasin avec des coudes, qui ont la propriété d'éteindre très rapidement les ondes brisantes projetées par la détonation des explosions. Enfin le magasin, qui doit être ventilé, aura le plus souvent deux accès libres, de telle sorte que l'onde, lancée dans les deux directions, aura seulement une intensité moitié de celle obtenue dans la galerie d'expérience, qui était en cul-de-sac.

En somme, on peut dire que les conditions de l'expé-

rience étaient, comme cela doit du reste toujours être, plus dures que celles de la pratique.

En ce qui concerne les ventilateurs, l'expérience montre bien nettement qu'à la distance de 150 mètres ils ne seraient pas endommagés par la détonation d'une caisse isolée de dynamite. Dans l'état actuel de profondeur des exploitations houillères, cette condition pourra toujours être réalisée ; il n'y a donc pas à s'en préoccuper.

En ce qui concerne les portes, l'interprétation des résultats obtenus doit être discutée de plus près. Les portes fermant le magasin ont été complètement balayées, jusqu'à la distance de 50 mètres ; il en serait encore de même sans doute, à la distance de 100 mètres, et peut-être encore à la distance de 200 mètres. On ne peut donc espérer disposer un magasin de façon à ce qu'en cas d'accident ses portes de fermeture restent indemnes. Il ne faudra donc, en aucun cas, que le magasin débouche dans deux galeries distinctes entre lesquelles l'existence d'une libre communication pourrait suspendre l'aérage dans un quartier de la mine. Le magasin, s'il a deux entrées, devra être placé en dérivation parallèlement à une même galerie, de sorte que son ouverture en grand soit sans influence sur le régime général de l'aérage.

A côté des portes du magasin, il faut se préoccuper des portes, beaucoup plus importantes, qui pourront exister dans les galeries voisines, où elles serviront à la répartition du courant d'air dans les travaux. Ces portes sont beaucoup moins exposées, parce qu'elles ne seront atteintes par l'onde de l'explosion qu'après que celle-ci se sera bifurquée entre plusieurs directions à la sortie du magasin. En outre, elles se trouvent le plus souvent sur une bifurcation d'une galerie dont une branche ouverte en grand offrira un libre passage au coup de vent. A mesure que l'onde de l'explosion progresse, elle s'étale très rapidement, comme l'ont montré de nombreuses expériences

APPORT SUR LES EXPÉRIENCES DE BLANZY

ieille. Cet étalement a été rendu très sensible, expériences de Blanzv, par la durée très appréciable du souffle observé à l'entrée de la galerie. Une onde pourra encore exercer des pressions sur un obstacle qui l'arrête complètement, tandis que son passage n'est qu'à moitié barré, elle pourra en ne produisant que des suppressions relatives. La façon dont s'est comporté le ventilateur devant une porte placée au même endroit et n'obstruant qu'une moitié de la galerie serait restée absolument

conformant à ce que les caisses de dynamite soient placées à une distance des portes d'aérage de la mine au moins à 200 mètres, on sera à l'abri de tout danger. Peut-être, par excès de précaution, pour doubler cette distance dans certaines circonstances, dans le cas des puits jumeaux par exemple, avec lesquels tout l'aérage de la mine est à la disposition des portes qui isolent les deux puits l'un de l'autre ; si l'on ne peut obtenir une semblable distance, l'emploi de portes métalliques très résistantes.

La sixième série d'expériences avait pour but de trouver un moyen d'empêcher la détonation accidentelle d'une masse de dynamite, dans un magasin, de se transmettre à des caisses voisines. Le procédé expérimenté a consisté à enfermer chaque caisse de dynamite dans un mur maçonné, fermé par une porte épaisse en fer et à séparer ces voisins par des distances plus ou moins grandes. On espérait ainsi protéger les caisses à la fois contre le choc de l'explosion et la pénétration des gaz

La galerie destinée à ces expériences a été creusée dans le fond de la carrière Sainte-Hélène ; elle se trouvait au milieu de vieux travaux, dans une couche de

houille complètement désagrégée. Elle avait 29 mètres de longueur et 4 mètres carrés de section; elle était murillée en maçonnerie de brique de 0^m,36 d'épaisseur, sur une longueur de 11 mètres à partir de son extrémité fermée. Elle était boisée sur le reste de sa longueur, soit sur 16 mètres à partir de son orifice. La maçonnerie faite à la chaux et terminée depuis une quinzaine de jours seulement, n'avait guère plus de solidité qu'une maçonnerie en pierres sèches. Dans cette maçonnerie, on avait ménagé (Pl. XVI, *fig.* 4) trois logements pour les caisses de dynamite; ils étaient placés à une hauteur moyenne de 0^m,50 au-dessus du sol de la galerie; leurs parois maçonnées avaient 0^m,30 d'épaisseur; ils étaient fermés par des portes en tôle de 10 millimètres d'épaisseur, supportées à charnière par la partie supérieure et pouvant être maintenues fermées par un verrou placé à la partie inférieure (Pl. XVI, *fig.* 5, 6).

Le premier logement était placé à 0^m,90 du fond de la galerie, le second à 3 mètres du premier, et le troisième à 6 mètres du second.

Pour l'expérience, le feu fut mis à la caisse du milieu, en laissant ouverte la porte de son logement. Les portes des deux autres logements étaient simplement rabattues, mais non fermées au verrou, circonstance qui, dans la pratique, pourrait résulter d'une négligence. Dans ces conditions, les deux portes n'étaient pas exactement appliquées sur leur siège et laissaient un entrebâillement de quelques millimètres.

La détonation ne s'est transmise à aucune des deux caisses latérales, et les portes de leur logement ne parurent avoir subi aucun effet de l'explosion. La caisse placée à 3 mètres était seule un peu coincée dans son logement, sans cependant présenter aucun indice de rupture des planches. Le mauvais état du terrain et le durcissement incomplet des mortiers avaient permis une transmission

latérale des pressions suffisante pour refouler un peu le logement maçonné et en même temps amener une fente dans le cadre en fonte qui supportait la porte. Le cône d'arrachement s'est étendu horizontalement à 1^m,20 et 2^m,10 de l'axe du logement; il restait encore, du côté de la caisse placée à 3 mètres, une longueur de mur maçonné, non éboulé, de 1 mètre. Verticalement, le rayon de rupture a atteint 1^m,50; la majeure partie de la voûte était restée intacte, bien que la hauteur de la clef au-dessus de la caisse ne dépassât pas 1^m,75. En face de la caisse ayant fait explosion, la maçonnerie était broyée et éboulée sur un rayon de 1^m,50. La profondeur du cône, à l'emplacement de la caisse, était de 1^m,20 et, sur la paroi opposée, de 0^m,20. La partie boisée de la galerie qui se trouvait entre l'orifice et la partie maçonnée est restée intacte; il n'y a pas eu d'éboulement, comme on aurait pu s'y attendre après les résultats de l'expérience précédente; mais, dans le cas actuel, le boisage était neuf, tandis que dans le précédent il était vieux et en mauvais état.

La conclusion très nette à tirer de cette expérience est que, même dans un terrain exceptionnellement mauvais, il n'y a pas transmission de l'explosion entre des caisses de dynamite enfermées dans des logements distants de 3 mètres.

On peut résumer les conséquences que comportent ces expériences en formulant un certain nombre de règles dont l'application semble de nature à écarter tout danger grave pour une mine, dans le cas où un accident viendrait à se produire dans un dépôt souterrain de dynamite.

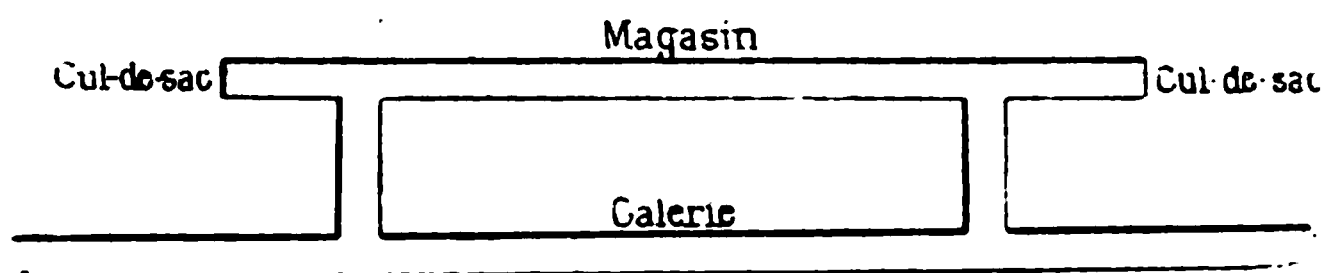
En énonçant ces règles, on fait totalement abstraction du peu de probabilité d'accidents semblables, ainsi que des dispositions particulières à telle ou telle mine, qui peuvent déjà, par elles-mêmes, atténuer le danger des

accidents, toutes conditions dont l'appréciation appartient aux administrations compétentes chargées de la surveillance des mines.

Chaque caisse sera enfermée dans un logement maçonné fermé par une porte en fer d'au moins 10 millimètres d'épaisseur. Cette porte sera suspendue à charnière par le haut, de façon à se fermer d'elle-même, et les gonds seront disposés de telle sorte que, par l'action seule de la pesanteur, la porte s'applique exactement sur son siège. Elle sera maintenue fermée par un verrou opposé à la charnière. Le siège sur lequel la porte s'appuiera sera en métal et présentera un double ressaut disposé de telle sorte que la porte fermée affleure, sans les dépasser, les rebords extérieurs.

Les logements seront séparés l'un de l'autre par une distance de 4 mètres, dans les terrains tendres, comme dans la houille et les schistes, et de 3 mètres dans les terrains très durs, comme le grès. Les logements seront placés à la suite l'un de l'autre sur une même paroi du magasin et jamais à la fois sur deux parois opposées.

Le magasin devra, sur chacune de ses communications avec les travaux, présenter au moins un coude prolongé par un cul-de-sac de 5 mètres de long ou plus, comme le montre le croquis ci-dessous.



Les culs-de-sac pourront être utilisés pour l'ouverture des caisses et la distribution des explosifs.

Chaque magasin ne sera en communication qu'avec une seule galerie de la mine, et cette communication, pour les magasins devant renfermer plus de 5 caisses, se fera

RAPPORT SUR LES EXPÉRIENCES DE BLANZY

ix entrées distinctes fermées seulement par des à claire-voie, de façon à assurer sa ventilation. ue magasin sera distant d'au moins 200 mètres de orte d'aérage de la mine et, autant que possible, mètres des portes, dont la destruction pourrait er toute ventilation dans la mine entière ou dans es quartiers importants.

aris, le 8 décembre 1898.

Le Rapporteur,
H. LE CHATELIER.

é par la Commission des Substances explosives, dans sa lu 8 décembre 1898.

Secrétaire,
LIOUVILLE.

Le Président,
BERTHELOT.

NOTE

SUR

LES MINERAIS DE FER
DES TERRITOIRES DES MEKNAS ET DES NEFZAS
(TUNISIE)

Par A. PROST, Ingénieur des Mines.

Le territoire des tribus des Nefzas et des Meknas, près de Tabarca en Tunisie, renferme des gisements de minerais de fer, exploitables en grande partie à ciel ouvert et connus comme tels depuis une date très ancienne.

Dès l'année 1873, M. l'Ingénieur en chef des mines Fuchs les visita au cours d'une mission officielle dont il fut chargé par le gouvernement de la Régence.

En 1881, au début de l'occupation française, alors même que le traité du Bardo n'était pas encore signé, la Compagnie de Mokta-el-Hadid entreprit l'étude de ces amas de minerais.

Peu après une société concurrente, constituée sous le nom de *Comité d'Études des mines de Tabarque*, obtint un permis de recherches sur une partie du territoire des Nefzas.

Ces explorations motivèrent, en 1884, l'institution de sept concessions de mines de fer; elles ont été inexploitées jusqu'ici; mais les raisons qui s'opposaient à leur mise en valeur semblent aujourd'hui avoir beaucoup perdu de leur ancienne importance, grâce aux progrès de la métallurgie et au développement de l'outillage économique de la Tunisie; l'attention des industriels se

trouve rappelée à l'heure actuelle sur les minerais de la région de Tabarca.

Chargé du service des mines de la Régence, de 1895 à 1898, j'ai été amené, à diverses reprises, à visiter ces gisements. Je me propose de les décrire succinctement dans la présente note.

I. — SITUATION GÉOGRAPHIQUE ET GÉOLOGIQUE DES GISEMENTS.

Les sept concessions de mines de fer de la région de Tabarca forment deux groupes (Pl. XVII).

L'un, dans la tribu des Meknas, ne comprend qu'une concession, celle de Ras-er-Radjel, entre les Oueds Berkoukech et Bou-Tarfeus, à 10 kilomètres à vol d'oiseau à l'Est de Tabarca.

L'autre groupe, dans le territoire des Nefzas, à 30 kilomètres à vol d'oiseau au nord-est de Tabarca, comporte les concessions de *Bou Lanague*, du *Djebel Bellif* et de l'*Oued bou Zenna*, entre l'Oued Zouara et ses affluents, l'Oued Bellif et l'Oued bou Zenna; celles de *Tamera* et de *Ganara*, entre l'Oued Bellif et l'Oued Damous; enfin celle de *Bourchiba*, sur la rive gauche de l'Oued Damous.

On trouvera, en annexe à la présente note (Pl. I), un extrait de la feuille de Tabarca de la carte de reconnaissance de la Tunisie, au 1/200 000^e, avec l'indication des périmètres des concessions précédentes, et quelques données sur la constitution du sol d'après la carte géologique générale de la Régence de M. Aubert et d'après mes observations personnelles.

Les minerais de Tabarca sont formés d'un mélange d'hématite brune et d'hématite rouge manganésifères. L'oxyde anhydre est, par exception, à l'état de fer oligiste micacé dans plusieurs des lentilles de la concession de l'Oued bou Zenna.

Tout en présentant une allure générale **interstratifiée**, ces substances ne constituent **pas une couche régulière** et continue, mais bien des **amas lenticulaires** d'épaisseur et d'étendue **variables**. Ce sont d'ailleurs des conditions de gisement fréquentes pour les minerais de fer.

Les amas sont contenus dans une formation de grès argileux friables, mêlés d'argiles.

Le mur immédiat du minerai est formé le plus souvent d'une argile blanche ou bleuâtre, lamelleuse, qu'on retrouve également dans les intercalations qui existent parfois au milieu des gîtes.

En contre-bas, se développe par places, notamment dans les concessions de Bou Lanague, du Djebel Bellif et de Gannara, un conglomérat à gros éléments calcaires reliés par un ciment ferrugineux.

Cet ensemble de minerai, de grès, d'argiles, et accessoirement de conglomérats, est compris entre un étage marneux, au mur, et un étage gréseux, au toit.

Les marnes, épaisses d'une centaine de mètres, sont grises ou bleuâtres; elles contiennent des lamelles de gypse et de gros rognons de calcaire jaune et d'oxyde de fer.

Les grès, dont l'horizon géologique surmonte celui des minerais sont tantôt quartzeux, plus ou moins grossiers et très durs, tantôt argileux et friables. Ils constituent une puissante formation très développée dans le Nord de la Tunisie et de la province de Constantine, où elle est connue sous le nom de grès numidiens.

Tous ces terrains sans fossiles ont été rattachés par M. Aubert à l'éocène supérieur.

Grâce à sa résistance aux agents atmosphériques, le minerai de fer a pu subsister sur le couronnement des collines de marnes, en bordures des massifs de grès.

Tel est le cas du gisement de Ras-er-Radjel, au pied Nord du Djebel Gaffa. La plongée est ici vers le Sud.

C'est également dans ces conditions, mais avec une allure plus plateuse et un pendage de sens un peu variable que se présentent les gisements de Tamera, de Ganara, de Bourchiba, d'Oued bou Zenna et de Djebel Bellif. Ces lentilles de minerais reposent sur les marnes éocènes, au sommet d'un anticlinal sur les flancs duquel les érosions ont respecté les grès du Djebel el Harrech, au Sud-Est, et ceux du Djebel Daharoui et du Kef Kebir, au Nord-Ouest.

Dans la concession de Bou Lanague, les affleurements appelés Mokta-el-Hadid, à l'Ouest, plongent franchement au Nord, sous les grès du Kef Kebir; l'affleurement de Bou Lanague proprement dit, au centre de la même concession, forme, par suite d'un plissement local, une crête presque verticale.

La région des Meknas et Nefzas renferme d'autres formations géologiques sur lesquelles nous passerons rapidement.

Le quaternaire est composé, à l'Est, dans les fonds de vallée, par d'importantes alluvions argileuses; à l'Ouest près de la mer et sur la rive gauche de l'Oued Zouara, par des dunes élevées provenant de la désagrégation des grès numidiens.

En bordure, et même au milieu de ce quaternaire, des calcaires apparaissent à la faveur d'une faille Nord-Est; ils plongent nettement sous les marnes de l'éocène supérieur. Ils constituent les collines de l'Argoub bou Azine du Djebel bou Laya et du Koudiat Dzara. Ces calcaires, légèrement schisteux, à pâte grise, prenant une patine blanche au contact de l'air, ont été rattachés, par M. Aubert, à la base de l'éocène inférieur.

Enfin un pointement de trachyte émerge au milieu des marnes éocènes sur la rive droite de l'Oued Bellif, à moins d'un kilomètre en amont de son confluent avec l'Oued Damous.

L'émission des minerais de fer se rattache vraisemblablement

blement à cette éruption trachytique. Les épanchements ferrugineux ne sont pas d'ailleurs les seuls gisements métallifères connus dans la région.

Au voisinage de Ras-er-Radjel, à Khedeira, Ali ben Khalifa et dans le Djebel Soussa, les grès numidiens contiennent des indices de plomb, avec quelques boules de calamine et plus accessoirement des mouches cuivreuses. Les recherches entreprises sur ces points n'ont pas abouti. Par contre, plus à l'Ouest, le beau filon de pyrite de cuivre et de galène de Kef-Oum-Téboul, dans les grès numidiens, entre la Calle et Tabarca, a pu faire l'objet d'une exploitation fructueuse.

En outre, au Sud des Nefzas, les ilots de crétacé supérieur figurés sur la Pl. XVII, contiennent de la calamine. On exploite actuellement ce minerai dans les calcaires sénoniens du Djebel Sidi Ahmed, ainsi qu'au Khanguet-Kef-Tout, sur le prolongement méridional du même massif crétacé.

II. — DESCRIPTION DES GISEMENTS.

La plus grande partie des travaux de recherches entrepris sur les gîtes de Nefzas et des Meknas, de 1881 à 1884, sont aujourd'hui effondrés ou inaccessibles. Heureusement il est facile de reconstituer les principaux résultats obtenus par ces diverses explorations, à l'aide du dossier de l'institution des concessions conservé dans les archives du Service des Mines de la Régence.

L'emplacement des affleurements et celui des travaux dont ils ont été l'objet sont figurés sur les plans-croquis de la planche XVIII, à l'échelle de 1/50000°.

1° Concession de Ras-er-Radjel. — Près de la crête du mamelon de Ras-er-Radjel, sur son versant Sud, un affleurement de minerai s'allonge dans une direction

D'après les évaluations faites au moment de l'institution de la concession, en donnant au minerai en place une densité de 2,5 pour tenir compte de sa nature un peu caverneuse et des intercalations qu'il peut contenir, le gîte de Ras-er-Radjel contiendrait 1.200.000 tonnes exploitables à ciel ouvert. Il faut y joindre environ 600.000 tonnes que leur situation au-dessus du thalweg qui borde au Sud la colline de Ras-er-Radjel permettrait d'exploiter souterrainement par galeries, sans grandes dépenses d'aménagement général.

2° Concession de Bourchiba (Pl. XVIII, *fig.* 4). — La partie supérieure du plateau de Bourchiba entre l'Oued Damous et l'Oued Gasser, est formée sur 1 kilomètre de longueur, et 400 à 500 mètres de largeur, par une lentille de minerai faiblement recouverte au toit par de la terre végétale, et reposant au mur sur de l'argile blanche.

La plongée générale, très faible, est dirigée vers le Nord. Des îlots ou éboulis minéralisés de moindre importance se rencontrent sur les marnes du pourtour du plateau, surtout sur la pente Sud.

Sur la bordure Nord de l'affleurement, la descenderie n° 3, longue de 37 mètres, a suivi la couche suivant sa pente; elle montre sur toutes ses parois du minerai mangéné.

Un peu plus à l'Est, le puits 4 a recoupé du minerai sur 3 mètres de profondeur, puis de la terre mélangée de minerai.

Au centre du plateau de Bourchiba, le puits n° 1 a été entrepris dans une excavation qui semble correspondre à une exploitation ancienne. Sa profondeur est de 7 mètres, dont 3 seulement dans le minerai.

Sur la bordure Sud, le puits n° 2, profond de 9 mètres, est entièrement au minerai; la partie supérieure du gîte

SUR LES MINÉRAIS DE FER

rtie inférieure, plus tendre, est manga-

tranchées, en divers points, ont sim-
ffleurement.

er couvre, avons-nous dit, une surface
mais les travaux faits sont trop peu
espacés pour permettre un cubage
f du gîte. Des lacunes peuvent exister
ale et sous les blocs éboulés. D'autre
es résumées ci-dessus ont naturelle-
parties du gisement présentant à l'af-
illeures apparences, et il n'est pas
r d'emblée à l'ensemble de la lentille
oyenne des puissances constatées par

it, Bourchiba contient une importante

Tamera. — A Tamera, l'allure du
même qu'à Bourchiba. Le minerai de
les érosions, forme, sur 1.000 à
ong, et 300 à 400 mètres de large, la
au ondulé, ayant une très faible incli-
s le Sud.

à Mokta-el-Hadid et le Comité d'Études
arca ont, par des recherches concu-
r ce plateau un très grand nombre de
puits. Ces travaux ont recoupé en
à 2^m,50, et exceptionnellement de 5
eraï reposant sur des argiles blanches.
implement une puissance moyenne de
té de 2,5 pour le mètre cube en place,
lu gîte de Tamera conduiraient à un
00 tonnes.

4° Concession de Ganara. — Le mamelon de Ganara a un couronnement de minerai qui semble occuper une longueur de 250 à 300 mètres et une largeur de 80 mètres.

Le puits n° 1, au centre de l'amas, a recoupé 9 mètres de minerai dont 3 ou 4 mètres à l'état de blocages. Il est arrêté dans l'argile du mur.

Le puits n° 2, à 125 mètres à l'Ouest, a traversé de même 4 mètres de blocage et 7 à 8 mètres de minerais massifs.

Le cubage de ce seul gîte donnerait, sur les bases adoptées pour les autres concessions, 400.000 tonnes.

A l'Est, sur les bords de l'Oued Damous, au milieu de roches blanchâtres et de poudingues plus ou moins minéralisés, se voient d'autres amas avec des vestiges d'anciennes exploitations.

A l'Ouest du gîte de Ganara, d'autres lentilles de minerais existent également; elles se trouvent ici en relation avec des masses importantes de poudingues qui se poursuivent dans la région de Roumt-el-Oust, sur la rive gauche de l'Oued Bellif, entre la concession de Ganara et celle du Djebel Bellif.

5° Concession de l'Oued bou Zenna. — L'allure générale des gisements de la concession de l'Oued bou Zenna est tout particulièrement irrégulière. C'est une suite de lentilles de minerai, donnant un relief bien plus accidenté que celui des couronnements des plateaux de Bourchiba, Tamera et Ganara.

Les travaux faits sont franchement insuffisants, non seulement pour permettre un cubage de ces divers amas, mais même pour renseigner sur la puissance, l'allure et la composition exacte de chacun d'eux.

Le pointement le plus occidental a reçu le nom de Kef Deba n° 1. Les affleurements recouvrent un rectangle

NOTE SUR LES MINÉRAIS DE FER

10 mètres de long sur 100 mètres de large. La pente du gîte est vers le Nord-Est.

La galerie dirigée Nord-Sud, longue de 80 mètres, est versée horizontalement à quelques mètres du jour et traverse de fer oligiste micacé et au delà un mélange d'argile, d'oligiste et d'hématite.

Kef Deba n° 2 mesure 250 mètres de long sur 100 mètres de large; une galerie Sud-Nord a recoupé 10 mètres de minerai ordinaire, 0^m,50 d'argile, 1^m,70 de minerai oligiste, puis un mélange d'argile et d'hématite.

Le puits n° 2, entrepris sur des affleurements peu élevés couvrant à peu près 1 hectare, a traversé 3 à 4 mètres de minerai manganésé.

Le gîte Chouch Ouled Ahouimel, ou Gassem n° 3, dans lequel on a conduit la galerie dite du « Caroubier », longue de 29 mètres, est un mélange de calcaires argileux et d'oligiste.

Plus à l'Ouest, de gros blocs de minerais constituent évidemment d'un gîte appelé Chouch el Kraneb. Au sud-est encore, le puits n° 5 a pu recouper 4 mètres de minerai.

Enfin les poudingues se développent vers la fontaine des Abbès.

700 ou 800 mètres au nord de la ligne des affleurements précédents, au lieu dit « Djebel Brahim » apparaît un grand amas de minerai. Un puits lui a reconnu une profondeur de 6 mètres. Une galerie entreprise dans la région, longue de 40 mètres, est restée sur toute sa longueur dans les argiles du mur; mais elle se termine dans un montage dont l'avancement a percé au gîte.

Concession du Djebel Bellif. — Les affleurements du Djebel Bellif bordent la limite méridionale des grès numidiens de ce djebel. Ils plongent au Nord.

Le premier amas, dit du Kef Lassaoui, long d'environ

300 mètres et large de 80, va du puits 5 à l'ouest au puits 7 à l'Est. Dans la partie centrale on y trouve également le puits 6, ainsi que deux ouvrages, le puits 4 et la descente 1, qui, entrepris à la suite d'une fausse opinion qu'on s'était faite à l'origine sur le sens du pendage, sont restés le premier au mur et la seconde au toit de l'amas ferrugineux.

Le puits n° 5 a traversé sur 30 mètres de profondeur trois couches de minerai de belle qualité, de 2 à 2^m,50 chacune. Les deux couches inférieures sont manganésées.

Le puits n° 6 a reconnu 4 mètres de minerai reposant sur des argiles blanches un peu pyriteuses, et cependant l'hématite dans ce quartier ne contient pas une proportion de soufre plus notable que dans les autres concessions.

Le puits 7 a traversé une couche de 3^m,50 de puissance.

Les travaux des puits 6 et 7 n'ont pas été poussés assez profondément pour qu'il soit possible d'examiner si le minerai qu'ils ont traversé correspond à l'ensemble des trois couches du puits 5 ou seulement à la plus élevée de ces couches.

A l'Est du puits 7, les affleurements se voient jusqu'à la rive droite de l'Oued Bellif; sur la rive gauche, nous avons déjà dit qu'ils se poursuivent vers Ganara par les conglomérats de Roumt-el-Oust. Mais la largeur des affleurements dans le restant du Djebel Bellif semble plus réduite qu'au Kef Lassaoui, et les rares explorations faites n'établissent pas quelle est la puissance moyenne du minerai dans ce quartier.

Malgré l'insuffisance des recherches, on peut évaluer à environ 500.000 tonnes le tonnage exploitable à ciel ouvert dans le Djebel Bellif.

7° Concession de Bou Lanague. — La concession de Bou Lanague contient deux groupes de gisements, séparés par

NOTE SUR LES MINERAIS DE FER

ravin, l'amas de Bou Lanague à l'Est et les amas de ta-el-Hadid, à l'Ouest.

Le premier de ces gîtes, presque vertical, forme une saillie saillante, à partir du ravin de Bou Lanague, dans la direction du Nord-Est. A 120 mètres du ruisseau, il leurement atteint son maximum d'épaisseur et semble dépasser 30 mètres ; mais sa largeur diminue rapidement : se tenir à 8 mètres sur 350 mètres de longueur et à une moyenne de 4 mètres sur 250 mètres au delà. Puis on ne voit plus que des poudingues faiblement écaillés sur lesquels reposent des amas de minerai beaucoup moins importants que celui dont il vient d'être question.

Le dernier a été quelque peu exploré souterrainement ; dans sa région centrale, un puits de 18 mètres de profondeur, improprement appelé descente n° 1, a suivi le plan du gisement. Du pied de cet ouvrage, une recoupe, partant du toit au mur, a reconnu que le gîte conservait la même puissance qu'à l'affleurement, soit 8 à 9 mètres.

Puis, à 150 mètres plus près du ravin de Bou Lanague, un travers-bancs, au mur du gîte, a atteint celui-ci à 10 mètres du jour et à 20 ou 30 mètres au-dessous de l'affleurement ; la puissance, dans la traversée de la zone, est irrégulière et ne dépasse pas 5 mètres comme maximum. Le minerai repose sur des argiles grises, puis des grès et des poudingues.

Dans le toit du gisement on voit enfin l'amorce d'un travers-bancs destiné à venir à la rencontre du précédent. On a commencé les travaux de reconnaissance qu'on se proposait de conduire à ce niveau ; mais cet ouvrage fut arrêté à 10 mètres du jour, avant d'avoir atteint le gîte ; il n'a traversé que des argiles grises.

D'après les études de la surface, on pourrait admettre que le gîte de Bou Lanague, malgré son allure presque verticale, contiendrait environ 600.000 tonnes de minerai

exploitable à ciel ouvert. Les évaluations relatives au minerai exploitable en galerie manquent de base sérieuse.

A Mokta-el-Hadid, sur le versant Sud du Kef Kébir, la disposition des gîtes est différente de celle des autres amas de la région de Tabarca (Pl. XVIII, *fig.* 5). Ils affleurent sur la pente du Djebel Bellif.

L'examen de la surface avait laissé croire tout d'abord à de belles épaisseurs de minerai; mais une descente, longue de 19 mètres, dans le gîte B, le puits n° 3 qui a traversé l'affleurement C et le puits 1, sur l'affleurement D, n'ont trouvé à chacun de ces trois gisements qu'une puissance de 2 mètres. Rien n'a été fait sur le gisement A.

En direction, les affleurements ne se suivent que sur une faible longueur au milieu de la terre végétale, et cette circonstance laisse craindre que les chapelets auxquels ils se rapportent ne manquent de continuité.

En un mot, il est impossible, dans l'état actuel des recherches, de se faire une opinion sur l'importance industrielle des gîtes du quartier de Mokta, dans la concession de Bou Lanague.

III. — RÉSULTATS D'ANALYSES.

Les analyses par voie sèche, qui ont été communiquées au Service des Mines, par le laboratoire de la Compagnie de Mokta, à Bône, concernant les gisements étudiés par cette Compagnie, se résument ainsi :

Enfin, en 1891, le Service des Mines procéda, en présence des représentants des concessionnaires, aux prises d'échantillons ci-dessous, qui ont été suivies d'analyses complètes :

TABLEAU II.

Provenance des échantillons.

I. <i>Ras Radjel.</i> — Puits n° 1.	V. <i>Houchiba.</i> — Descenderie n° 3.
II. — Puits n° 2.	VI. <i>Tamera</i> — Quartier de Choucha. Puits 1.
III. — Recherches à l'Est de l'affleurement principal.	VII. — Puits 1 et 2.
IV. <i>Ras Radjel.</i> — Recherches à l'Est de l'affleurement principal.	VIII. — Tranchées à l'Est.
	IX. — Quartier de Sidi-Draïel.
	X. — Puits voisin d'Aïn Kerma.

	IV					X				
	5	10,50				1	11,70			
	0	1,90				1	6,20			
	0	0,70				1	1,30			
	0	0,30				1	0,50			
	6	82,33				1	74,76			
	5	0,91				1	3,78			
	75	0,18				15	0,062			
	19	0,70				11	0,104			
	27	0,00				19	0,075			
	46	0,76				N°	traces			
	2	0,06				40	0,000			
TOTAL	98,098	99,359	98,947	99,421	98,595	100,313	99,232	98,963	98,515	98,481
Fer métal.....	43,51	52,33	54,57	58,33	44,00	61,17	56,30	52,33	56,60	52,23
Manganèse métal...	7,72	5,20	7,60	0,66	8,75	0,07	0,38	3,50	0,74	2,72
Soufre	0,185	0,155	0,110	0,077	0,014	0,03	0,055	0,01	0,038	0,025
Phosphore.....	0,035	0,029	0,008	0,310	0,044	0,019	0,042	0,021	0,062	0,046
Cuivre	traces	traces	0,022	0,006	traces	traces	0,005	traces	0,015	0,060
Arsenic	0,015	0,177	0,03	0,516	0,065	traces	0,348	0,013	0,404	traces
Antimoine.....	0,00	0,00	0,02	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,25	0,00

NOTE SUR LES MINERAIS DE FER

Provenance des échantillons.

des sur les affleurements.
 m. — Affleurement du
 i. — Galerie du Kef Deba
 i. — Puits n° 2 bis.
 - Kef Lassaoui.

XVII *Bou Lanague* — Descente n° 1, de Bou
 Lanague.
 XVIII. *Bou Lanague*. — Affleurements de Bou
 Lanague, près du ruisseau.
 XIX. *Bou Lanague* — Mokta. Affleurements
 du puits n° 1.
 XX. *Bou Lanague*. — Mokta. Affleurements
 du puits n° 4

XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX	XX
11,53	13,60	13,00	12,25	11,45	11,75	10,00	11,40	9,60	9,90
1,90	3,30	3,20	3,10	5,30	4,80	4,20	3,50	6,20	6,20
0,80	0,80	0,80	0,00	1,90	0,60	2,00	2,10	2,00	1,60
0,30	0,20	0,20	0,20	0,50	0,30	0,20	0,60	0,20	0,20
83,18	78,38	68,97	74,76	67,64	79,11	82,74	81,00	95,04	76,94
1,07	2,25	12,57	7,58	11,53 fortes traces	1,22	traces	0,71	5,00	2,97
0,05	0,087	0,035	0,033	traces	0,375	0,437	0,375	0,18	0,095
0,220	0,156	0,022	0,056	0,089	0,082	0,130	0,097	0,037	0,048
0,006	traces	traces	0,006	traces	traces	0,009	fortes traces	fortes traces	0,011
0,488	0,078	0,009	0,046	0,011 fortes traces	0,092	0,130	0,237	0,035	0,000
0,020	0,000	traces	0,000	traces	0,000	0,000	0,000	0,045	0,000
90,484	98,851	8,806	98,931	98,420	98,329	99,846	100,019	98,337	97,973
58,23	54,87	48,28	52,38	47,35	55,38	57,92	56,70	52,52	53,86
0,77	1,62	9,05	5,40	8,30 fortes traces	0,88	traces	0,50	3,60	2,14
0,02	0,035	0,014	0,013	traces	0,150	0,175	0,150	0,072	0,038
0,090	0,068	0,010	0,024	0,039	0,036	0,057	0,042	0,016	0,021
0,005	traces	traces	0,005	traces	traces	0,007	fortes traces	fortes traces	0,009
0,318	0,05	0,006	0,030	0,007 fortes traces	0,06	0,081	0,155	0,022	0,006
0,02	0,00	traces	0,00	traces	0,00	0,00	0,00	0,043	0,00

nerais de la région des Nefzas et des Meknas
 inerais siliceux, partiellement hydratés.
 eneurs en fer et manganèse, après un triage
 , se tiennent facilement au-dessus de 55 p. 100,

surtout dans les concessions de Ras-er-Radjel, de Ganara et de Tamera, et dans le gîte de Bou Lanague. Les oligistes micacés de l'Oued bou Zenna dépassent ce chiffre. Par contre, les teneurs des minerais de Bourchiba et ceux du gîte de Mokta-el-Hadid dans la concession de Bou Lanague sont, parfois, au-dessous de 55 p. 100.

La proportion de manganèse est tout particulièrement élevée à Ras-er-Radjel, notamment à la partie supérieure de l'amas de cette concession dans la région du puits 1. L'analyse ci-dessous communiquée par la C^{ie} de Mokta et concernant un échantillon exceptionnellement manganésé de cette partie du gîte de Ras-er-Radjel, est intéressante à ce point de vue.

Eau.....	12,231	Teneurs p. 100	{	Fer métal.	21,01
Silice.....	1,153			Manganèse	
Baryte.....	5,477			métal. ...	28,72
Peroxyde de fer.....	30,021				
Peroxyde de manganèse.....	45,440				
Chaux.....	0,510				
TOTAL.....	94,834				

Les minerais de la région de Tabarca sont presque aussi exempts de phosphore que ceux de Mokta, de la Tafna, de Bilbao. Comme richesse en fer, ils sont inférieurs à ceux de Mokta et de la Tafna; mais ils supporteraient la comparaison avec la plupart des minerais de Bilbao.

La présence de l'arsenic dans ces minerais est la circonstance qui, jusqu'à ce jour, a arrêté les tentatives faites pour leur mise en valeur. A vrai dire, la proportion de ce métalloïde est variable et souvent faible. La loi de sa distribution dans les gîtes n'a pas été étudiée. En outre, sur ce point comme sur tous les autres, les analyses ci-dessus n'ont porté que sur des échantillons pris dans des recherches sans étendue. Il n'a jamais été fait, croyons-

NOTE SUR LES MINÉRAIS DE FER

édition de minerais en quantité suffisante pour l'assigner à tel ou tel amas des Nefzas et des après les résultats obtenus aux usines, une teneur en arsenic bien définie au point de vue

SITUATION ADMINISTRATIVE ET ÉCONOMIQUE DES GITES DE TABARCA.

ancienne. — Après l'exécution des travaux de résumés ci-dessus, l'Administration du Protectorat a classé les gisements des Meknas et des Nefzas aux sociétés qui en avaient entrepris l'explo-

ration du 1^{er} mars 1884, la société des mines magnétiques de Mokta-el-Hadid reçut les concessions de Ras-er-Radjel, de Bou Lanague, du Djebel Ganara, telles qu'elles sont délimitées sur le plan à la présente note. La même convention imputa à la concessionnaire la construction et l'exploitation, pendant trente-deux ans, sans subvention ni indemnité, d'un chemin de fer à voie de 1 mètre, entre Ras-er-Radjel et Tabarca, par Ras-er-Radjel ; 2^o d'un port à établir dans la baie de Tabarca.

Le 26 mars 1884, le Comité d'Études de la Tabarque obtint les concessions de Tamera, de Ras-er-Radjel et de l'Oued bou Zenna, à charge de construire et d'exploiter dans les mêmes conditions que ci-dessus un chemin de fer partant du cap Serrat et se dirigeant vers les Nefzas, à celui de la compagnie de Mokta-el-Hadid, et d'établir dans la baie du cap Serrat.

En vertu des charges des concessions de mines et des dispositions de la législation minière française, en vertu de cette addition, toutefois, que si, à partir du 1^{er} janvier 1887, l'extraction annuelle restait pendant

DES TERRITOIRES DES MEKNAS ET DES NEFZA

trois années consécutives inférieure à 50.000 ton concessionnaires encourraient la déchéance, sauf de force majeure.

La région des Meknas et des Nefzas est une contrée pourvue d'eau de la Tunisie. Les vallées y sont propres à la culture et à l'élevage, les montagnes couvertes de belles forêts de chênes-lièges et de *zeen*, qui, dans ces régions, ne sont guère utilisés pour la récolte du liège et du tannin, à raison des transports. L'Administration du Protectorat a ainsi naturellement songé à profiter des concessions accordées aux deux Compagnies rivales pour exécuter chacune d'elles l'ouverture dans ce beau territoire d'une voie de pénétration et d'un port d'expédition.

Malheureusement, à la fin de la période des recherches de la C^{ie} de Mokta, en procédant à l'analyse complète des minerais de fer tunisiens, venait de s'apercevoir de la présence de l'arsenic dans ces substances qui venaient ignoré jusqu'alors.

De plus elle commençait, à la même époque, l'exploitation du gîte de la Tafna, qui lui donna, au point de vue de la qualité des minerais, des résultats plus satisfaisants que ceux de la région de Tabarca.

D'un autre côté, l'extension que la déphosphatation commençait à prendre, en 1884, réduisait singulièrement le marché qui, désormais, restait libre pour les minerais riches et exempts de phosphore. Par surcroît, l'augmentation avec laquelle se développaient les exploitations de minerais pauvres amenait une dépréciation notable de la valeur marchande des minerais riches.

A raison de la nature un peu arsénicale des hématites tunisiennes, les deux concessionnaires ne pouvaient alors, trouver des débouchés annuels suffisants pour couvrir les frais d'exploitation, ainsi que l'intérêt et l'amortissement des dépenses de construction de deux lignes

rées de 40 kilomètres chacune et de deux ports dont le coût d'établissement était évalué pour chacun d'eux à un minimum de 2 millions.

Les travaux publics imposés aux concessionnaires, et dont l'exécution devait forcément précéder la mise en valeur des concessions, ne reçurent pour ces divers motifs pas le moindre commencement d'exécution.

En présence d'une semblable situation, l'Administration tunisienne aurait eu mauvaise grâce à user de la clause de déchéance inscrite au cahier des charges des mines; elle prit en considération l'importance des sacrifices pécuniaires faits par les deux Compagnies pendant la période des recherches et voulut bien fermer les yeux sur cette inaction.

Situation actuelle. — Aujourd'hui les conditions de vente sont toujours médiocres. La tonne d'un minerai de fer dont la teneur dépasse 50 p. 100 en métal ne se vend guère à l'usine qu'à raison de 0 fr. 30 par unité de teneur p. 100 en fer, et 0 fr. 60 par unité de manganèse. Les minerais tunisiens auraient ainsi à l'usine une valeur d'environ 18 francs.

Par contre, le marché offert aux minerais riches semble devoir s'ouvrir. Actuellement, en présence d'une reprise de l'industrie métallurgique, les usines à fer se préoccupent assez vivement de la baisse considérable des extractions de Bilbao qui est un grand centre de production des minerais à haute teneur.

Les mêmes usines acceptent, en outre, avec moins de difficultés qu'autrefois les minerais arsénicaux dont elles savent aujourd'hui tirer un parti convenable.

Au point de vue des débouchés, la situation des gîtes de la région de Tabarca est donc moins mauvaise que par le passé.

Il en est de même au point de vue des expéditions. En

effet, tout au moins les plus orientaux des gites des Nefzas, ceux de Tamera, Ganara et Bourchiba, ne sont guère qu'à 100 kilomètres du grand port de Bizerte, capable aujourd'hui de recevoir les navires du plus fort tonnage. Les minerais de fer y obtiendraient un fret économique sur les ports de l'Europe, en s'adressant aux gros navires charbonniers dont beaucoup regagnent en ce moment l'Angleterre sur lest. Bien plus, ce port est dans une situation géographique des plus avantageuses pour rivaliser comme dépôt de charbon avec Malte et Alger, et l'obtention de ce résultat, qui intéresse au plus haut point la défense nationale, serait grandement facilitée si les charbonniers trouvaient à Bizerte même un chargement de retour.

C'est pourquoi l'opinion commence à s'occuper, en Tunisie, d'un tracé de chemin de fer qui, par la vallée de l'Oued Sedjenane, gagnerait sans difficulté la région des Nefzas et amènerait à Bizerte, non seulement les matières minérales qui nous occupent, mais encore les autres produits agricoles ou forestiers que nous avons déjà mentionnés.

Si cette combinaison se réalise, une nouvelle tentative de mise en exploitation des gites des Nefzas n'aurait plus à s'occuper des énormes immobilisations d'argent nécessaires à la création d'un chemin de fer et d'un port spéciaux à l'entreprise; du même coup elle se trouverait affranchie de la nécessité d'arriver, dès l'origine à la grosse extraction annuelle capable de supporter les intérêts d'un pareil capital.

Sans doute cet avantage ne serait acquis qu'au prix d'un notable accroissement de parcours sur rails. Cet accroissement ne semble cependant pas tel qu'il écrase irrémédiablement le prix de revient du minerai rendu à Bizerte.

Les frets de Bizerte pour les ports de l'Atlantique

sont d'environ 9 francs. Si les métallurgistes consentent enfin à ne plus prendre en considération l'existence de l'arsenic dans les minerais de Tunisie, ceux-ci, payés 18 francs à l'usine, d'après les tarifs habituels, vaudraient ainsi environ 9 francs à Bizerte. Il semble, d'autre part, que le prix de revient à la mine des parties de gisement exploitables à ciel ouvert sans grands travaux de découverte puisse se tenir aux environs de 2 fr. 50. Il resterait, par tonne, une marge de 6 fr. 50, suffisante pour réserver un bénéfice à l'exploitation, après le prélèvement des frais de transport sur 100 kilomètres de voie ferrée.

Aussi l'attention des industriels se trouve aujourd'hui rappelée sur les gîtes tunisiens.

Une Société française, dite « Société anonyme des minerais de fer des Nefzas, Tunisie », possède actuellement les droits de l'ancien Comité d'Études des mines de Tabarca. Les membres de cette Société sont disposés à aider dans la mesure de leurs moyens l'étude d'une voie ferrée des Nefzas à Bizerte.

Préalablement, ils ont déposé, le 1^{er} mars 1898, une demande de modification de la convention de concession, avec suppression de la charge imposée au concessionnaire, concernant le chemin de fer et le port du cap Serrat. Cette demande a reçu, de la part du Gouvernement tunisien, une solution favorable.

BULLETIN

BULLETIN.

STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE DE L'ALLEMAGNE ET DU LUXEMBOURG EN 1898 (*).

	PRODUCTION	VALEUR sur place	PRI Moyen
<i>Substances minérales.</i>			
	tonnes	francs	fr.
Combustibles minéraux. { Houille..	96.279.992	876.616.077	9,
{ Lignite..	31.648.498	90.232.155	2,
Minéral asphaltique.....	67.849	512.096	7,
Pétrole.....	25.789	1.941.196	75,
Graphite.....	4.593	481.747	104,
Minéral de fer.....	10.544.295	61.083.384	5,
— de zinc.....	641.708	27.118.149	42,
— de cuivre.....	702.781	24.212.067	34,
— de plomb.....	151.601	16.787.671	110,
— d'étain.....	51	17.468	342,
— de cobalt, nickel et bismuth.	3.157	681.640	215,
— d'uran et de wolfram.....	50	56.715	1.134,
— de manganèse.....	43.354	549.968	12,
— d'arsenic.....	3.540	257.879	72,
— d'or et d'argent.....	12.413	1.856.351	133,
Pyrites de fer.....	136.849	1.193.535	8,
Sel.....	1.970.341	19.457.337	14,
Minéral de fer (Luxembourg)...	5.348.951	13.711.239	2,
<i>Métaux.</i>			
Fente.....	6.368.901	414.240.743	65,
Fer et acier puddlés.....	1.143.010	190.657.031	166,
Fer et acier fondus.....	5.734.307	864.630.997	150,
Zinc.....	152.506	71.123.146	466,
Cuivre.....	80.895	40.255.941	1.311,
Plomb.....	132.742	42.083.583	317,
Litharge.....	3.857	1.306.242	338,
Etain.....	993	1.831.483	1.844,
Antimoine et manganèse.....	2.711	1.490.230	549,
Nickel, cobalt, bismuth, etc.....	1.691	7.209.050	4.263,
Cadmium.....	15	153.320	10.221,
Arsenic.....	2.679	1.247.828	465,
Or.....	kilogr.		
Argent.....	2.847	9.733.491	3.418,
	480.578	46.932.675	97,
Fente (Luxembourg).....	tonnes		
	849.026	46.151.412	54,

(Extrait de la Statistik des Deutschen Reichs, 2^e vol.

(*) Renseignements prévisionnels.

BIBLIOGRAPHIE

2° Physique et Chimie.

- BARBILLION (M.-L.).** — Sur la dispersion électrique (thèse). 139 p. et planches. Paris, Carré et Naud.
- BEKUCOV (G.).** — De quelques propriétés des acides phoriques. In-8°, 46 p. Montpellier, impr. Ham
- BLANC (G.).** — Étude de l'acide isolauronolique; Cor l'acide camphorique, du camphre et de ses dérivés (1 127 p. Paris, Gauthier-Villars.
- Bulletin des travaux de chimie exécutés en 1896 p** nieurs des mines dans les laboratoires départemen 11 p. Paris, V° Dunod (Extr. des *Annales des Mines*)
- CARNOT (A.).** — Sur de nouvelles méthodes d'analyse In-8°, 103 p. Paris, V° Dunod (Extr. du même recu
- CARNOT (A.) et GOUTAL.** — Emploi des sels cuivrques lyse des fontes et des aciers. In-8°, 16 p. Paris, V° l du même recueil).
- CARVALLO.** — Sur les cycles irréversibles et le théorè sius. In-8°, 4 p. avec fig. Tours, impr. Deslis frèr *Journal de Physique*).
- CAURO (J.).** — Mesures sur le microphone (thèse). In-8 fig. Paris, Carré et Naud.
- DELRÉPINE (M.).** — Composés endothermiques et exo In-8°, 118 p. Coulommiers, impr. Brodard.
- Deuxième supplément au Dictionnaire de chimie pu** quée d'Ad. Wurtz, publié sous la direction de Ch. fesseur à la Faculté des Sciences de Paris, et col T. IV. Fascicules 33 à 36. In-8° à 2 col., p. 161 Hachette et C°. Chaque fascicule 2 fr.
- DUREM (P.).** — Traité élémentaire de mécanique chim sur la thermodynamique. T. IV : les Mélanges doubl chimique générale des systèmes hétérogènes. In-8° fig. Paris, Hermann.
- GRANGER (A.).** — Les Phosphures métalliques. In-8°, Carré et Naud (Extr. des *Actualités chimiques*).
- HANNQUIN (A.).** — Essai critique sur l'hypothèse des la science contemporaine. 2° édition. In-8°, 44 F. Alcan. 7^f,50.
- LAFAY (A.).** — Sur la polarisation de la lumière dif

BIBLIOGRAPHIE

- oli (thèse). In-4°, 60 p. avec fig. Paris, Gauthier-Villars. (1516)
- i.). — Unités électriques absolues. Leçons professées à
 une par M. G. Lippmann, membre de l'Institut. Rédigé
 M. A. Berget, docteur ès sciences. In-8°, 11-244 p. avec
 , Carré et Naud. (438)
- Tuyaux sonores coniques. In-8°, 8 p. Caen, impr.
 s (Extr. des *Mém. de l'Acad. nat. des sciences, arts et*
res de Caen). (1800)
- et C. FABRY. — Sur un voltmètre électrostatique inter-
 pour étalonnage. In-8°, 11 p. avec fig. Tours, impr.
 res (Extr. du *Journal de Physique*). (1035)
- Traité d'analyse chimique quantitative par électro-
 in-8°, vi-304 p. avec 96 fig. Paris, Masson et C^{ie}.
 (3318)
- . — Transformations des rayons X par la matière. In-8°,
 c fig. Tours, impr. Deslis frères (Extr. du *Journal de*
l. (4178)
- . — Résistance électrique et Coefficient de self-induc-
 8°, 7 p. Tours, impr. Deslis frères. (1079)

3° Minéralogie. — Géologie. — Paléontologie.

- gique détaillée de la France, à l'échelle de 1 80.000.
 ° 125 : Beaune. Feuille 169 ter : Tignes. Paris, impr.
 Erhard frères. (29-303)
- le n° 190 : Aiguilles. (La carte est accompagnée d'une
 explicative.) Paris, impr. Lemer cier et C^{ie}; grav. et
 th. L. Wuhler. 1^r, 50. (247)
- 3.). — L'Age de la pierre dans la Haute-Égypte,
 es plus récentes découvertes. In-8°, 12 p. Lyon, impr.
 (3087)
- .). — Silex taillés du Nil et de la Charente (comparai-
 -8°, 15 p. Angoulême, impr. Chasseignac. (Extr. du
la Soc. archéol. et histor. de la Charente). (1691)
- .). — Notice sur l'âge de pierre en Europe, suivie de
 considérations sur l'âge de bronze, les habitations
 et les monuments mégalithiques. Ouvrage illustré de
 ntenant 40 fig. dessinées par l'auteur. In-16, 14 p. et
 ich, impr. Capin. 0^r, 75. (6402)
- Essais de paléonchologie comparée. 3° livraison.

- Grand in-8°, 223 p. avec fig. Paris, l'auteur, 95, rue de Maubeuge; Comptoir géologique, 53, rue Monsieur-le-Prince. Les trois premières livraisons, ensemble, 55 fr. (5380)
- DUPARC (L.) et L. MRAZEC. — Recherches géologiques et pétrographiques sur le massif du mont Blanc. In-4°. 227 p. Paris. 32 fr.
- FOURNIER (E.). — Le Dôme de la Grésigne (Feuille de Montauban). In-8°, 10 p. avec 2 fig. Paris, Baudry et C^{ie} (*Bull. des services de la carte géol. de la France et des topographies souterraines*). (4881)
- FRIEDEL (C.) et E. CUMENGE. — Sur un nouveau minéral d'urane. In-8°, 4 p. Tours, impr. Deslis frères (Extr. du *Bull. de la Soc. franç. de minéralogie*). (5169)
- GAILLARD (C.). — Mammifères miocènes nouveaux ou peu connus de la Grive-Saint-Alban (Isère). Gr. in-4°, 86 p. et planches. Lyon, Rey et C^{ie} (Extr. des *Archives du Muséum d'hist. nat. de Lyon*). (2316)
- GAUBE (J.). — Cours de minéralogie biologique. 2^e série. In-18 Jésus, 382 p. Paris, Maloine. (2827)
- GRAMONT (A. de). — Analyse spectrale des minéraux non conducteurs par les sels fondus. In-8°, 40 p. Tours, impr. Deslis frères (Extr. du *Bull. de la Soc. franç. de minéralogie*). (139)
- HELLOZ. — Guide-Manuel du collectionneur de silex préhistoriques, avec tarif indiquant la valeur des haches, pointes, grattoirs, etc., selon leurs formes et dimensions, d'après les prix moyens constatés dans de nombreuses transactions. In-16, 30 p. Tonnay-Charente, impr. Lancement-Martineau. 1 fr. (5187)
- JADIN (F.). — Précis d'hydrologie et de minéralogie. In-16, III-499 p. avec fig. et cartes. Lyon, Storck et C^{ie}. (5910)
- JOURON (L.). — Les Ateliers préhistoriques de la montagne d'Avize. In-8°, XIX-263 p. avec 1 carte et 11 planches. Avize (Marne), Lamasse. (6231)
- KILIAN (W.) et J. RÉVIL. — Description géologique de la vallée de Valloire (Savoie) et de quelques massifs adjacents. In-8°, 23 p. et planches. Chambéry, Impr. nouvelle (Extr. du *Bull. de la Soc. d'hist. nat. de Savoie*). (3203)
- LAPPARENT (A. de). — Cours de minéralogie. 3^e édition, revue et corrigée, avec 619 gravures dans le texte et 1 planche chromolithographiée. In-8°, XX-703 p. Paris, Masson et C^{ie}. (3689)
- Liste des minéraux, roches et fossiles dont la connaissance est exigée aux épreuves pratiques des certificats d'études supérieures de minéralogie et de géologie. In-8°, 48 p. Besançon, impr. Jacquin. (4132)

- ORT (E.). — Cours de géologie. 2^e édition. Phénomènes d'origine externe; Phénomènes d'origine interne; Formation de l'écorce du globe; Roches ignées; Roches sédimentaires; Filons; Métamorphisme; Mouvements anciens de l'écorce terrestre; Notions sommaires sur les fossiles, etc., etc. In-8°, xii-613 p. et carte géologique de la France. Paris, Baudry et C^{ie}. (471)
- VAULT (B.). — Notice sur les Calamariées (suite) (troisième partie). In-8°, 60 p. avec fig. et planches. Autun, impr. Dejussieu père et fils (Extr. du *Bull. de la Soc. d'hist. nat. d'Autun*). (3756)
- VIL (J.). — Notice sur les travaux géologiques relatifs à la Savoie de Gabriel de Mortillet, lecture faite à la Société d'Histoire naturelle de Savoie. In-8°, 15 p. Chambéry, Impr. nouvelle. (3316)
- UX (J.-A.-C.). — Études géologiques sur les monts lyonnais 2^e suite). In-8°, 56 p. Lyon, impr. Rey et C^{ie} (Extr. des *Annales de la Soc. linnéenne de Lyon*). (2406)
- YVAGE (H.-E.). — Le Mammouth dans la partie sud de la mer du Nord. Pet. in-8°, 11 p. Boulogne-sur-Mer, impr. Hamain. (2660)
- GNETTE (A.). — Conférences de géologie. Ouvrage conforme aux nouveaux programmes du 2^e août 1898, à l'usage des classes de seconde (classique) et de première (moderne). In-16, 173 p. avec 177 fig. et une carte géologique en couleurs. Paris, Hachette et C^{ie}. 1^r, 50. (1841)
- MIER (P.). — Sur une variété de zoïzite des schistes métamorphiques des Alpes et sur les propriétés optiques de la zoïzite classique. In-8°, 23 p. avec fig. Tours, impr. Deslis frères (Extr. du *Bull. de la Soc. franç. de minéralogie*). (1101)
- LAIV (C.). — Cours élémentaire de géologie stratigraphique. 2^e édition, revue et corrigée, avec une étude détaillée de la France, accompagnée d'une carte géologique et de 435 gravures dans le texte. In-16, 576 p. Paris, Masson et C^{ie}. 5 fr. (5565)
- LLERANT (F.). — Théorie des anomalies optiques de l'isomorphisme et du polymorphisme, déduite des théories de M. Mallard et Sohncke. In-16, 71 p. avec fig. Tours, impr. Deslis frères (Extr. du *Bull. de la Soc. franç. de minéralogie*). (2994)
- LLER (R.). — Étude sur la flore fossile du bassin houiller l'Héraclée (Asie-Mineure). Gr. in-4°, 95 p. avec fig. et 6 pl. Paris, Larré et Naud (*Mém. de la Soc. géol. de France; Paléontologie*). (5961)

4° Mécanique appliquée et Machines.

- BAZIN (H.). — Expériences nouvelles sur l'écoulement en déversoir, exécutées à Dijon de 1886 à 1895. In-8°, vi-202 p. avec fig. Paris, V° Dunod. (586)
- BOULVIN (J.). — Cours de mécanique appliquée aux machines, professé à l'École spéciale du génie civil de Gand. 8° fascicule : Appareils de levage ; Transmission du travail à distance. In-8°, 253-xxx p. avec 200 fig. et un index alphabétique des matières des 8 fascicules formant l'ouvrage complet. Paris, Bernard et C^{ie}. (4247)
- CAMILLE-GROLLET. — Transport aérien par câbles métalliques à l'Exposition de 1900. Projet de M. Camille Grollet In-8°, 79 p. et planches. Paris, 39, rue La Fontaine. (5359)
- DWELSHAUVERS-DERY (V.). — Étude expérimentale calorimétrique de la machine à vapeur. 2^e édition. In-16, 196 p. avec fig. Paris, Gauthier-Villars ; Masson et C^{ie}. (4299)
- FOURNIÉ (V.). — Note sur deux formules relatives à l'écoulement permanent et uniforme des liquides. In-8°, 12 p. Paris, V° Dunod (Extr. des *Annales des Ponts et Chaussées*). (2818)
- LENCAUCHEZ (A.). — Notes et Observations sur l'emploi de la vapeur comme puissance motrice. In-8°, 111 p. et planche. Paris, Bernard et C^{ie} (Extr. des *Mém. de la Soc. des Ingénieurs civils de France*). (1314)
- MAHL (L.) et G. HALLAM DE NITTIS. — Notice sur le générateur « Duplex » (système Mähl et Nittis). In-8°, 35 p. Paris, V° Dunod. (201)
- NADAL (J.). — Théorie mathématique de la machine à vapeur ; Action des parois. In-8°, 114 p. Paris, V° Dunod (Extr. des *Annales des Mines*). (745)
- RITTER (R.-B.). — Usine électrique à vapeur de Grenade (Espagne). In-8°, 16 p. avec grav. et planche. Paris, 6, rue de la Chaussée-d'Antin (Extr. du journal *le Génie civil*). (3758)
- NANSOUTY (M. de). — La Machine à vapeur et sa chaudière, conférence faite à Lille, le 10 juillet 1898, à l'occasion du vingt-cinquième anniversaire de l'Association des propriétaires d'appareils à vapeur du nord de la France. In-8°, 13 p. Lille, impr. Danel. (2611)
- SCHMIDT (E.). — Coût de la puissance motrice à vapeur, à gaz, à pétrole, d'après un opuscule de M. Eberlé, professeur à Duisbourg (Westphalie), lecture faite à l'Assemblée générale de la

BIBLIOGRAPHIE

été industrielle d'Amiens, le 26 décembre 1898. In-8°, 47 p.
iens, impr. Jeunet. (6639)

(A.). — Traité théorique et pratique des moteurs à gaz et à
role et des voitures automobiles. T. III. In-8°, 606 p. avec
Paris, Bernard et C^{ie}. 20 fr. (1625)

*Applications industrielles de la physique et de la chimie. —
Métallurgie.*

ulateurs électriques et Machines dynamo, système Mou-
le. In-8°, 68 p. Lyon, Mousterde et C^{ie}. 2 fr. (3366)

N. — Étude relative à la composition des cuivres rouges
tinés à la fabrication des tuyaux pour conduites de vapeur
l'eau et aux conditions de recette à imposer pour les four-
res de l'espèce. In-8°, 218 p. avec fig. Paris, Bernard et C^{ie}.
(1423)

(L.-P.). — La Photographie des couleurs. Avec une préface
M. Gabriel Lippmann, membre de l'Institut. In-16, 191 p.
c fig. Paris, Gauthier-Villars; Masson et C^{ie}. (6398)

MONT (E.). — Électricité. Deuxième partie : Applications
ustrielles. Préface par M. F. Launay, ingénieur en chef des
its et Chaussées. In-16, xii-642 p. avec fig. et planche. Paris,
Dunod. (2783)

is (M.). — L'Électricité en Amérique. Notes de voyage sur
développement des applications de l'électricité aux États-
s et au Canada. In-8°, 82 p. Paris, 6, rue de la Chaussée-
ntin (Extr. du journal *le Génie civil*). (5843)

N (F.). — L'Acétylène; par F. Drouin. 2^e édition. In-16,
p. avec fig. Paris, Mendel. (4861)

.(L.). — Essai sur la théorie générale des aciers. In-8°, 92 p.
c fig. et planches. Paris et Nancy, Berger-Levrault et C^{ie}
tr. de la *Revue d'artillerie*). (5654)

WIND (L.). — Industries du sulfate d'aluminium, des aluns
des sulfates de fer. Gr. in-8°, viii-364 p. avec fig. Paris,
thier-Villars. (2023)

AVIGUS (L.). — Sur les propriétés irréversibles des ferro-
kels. In-8°, 7 p. Tours, impr. Deslis frères (Extr. du *Journal
Physique*). (4097)

(P.). — Premiers principes d'électricité industrielle. Piles;
umulateurs; Dynamos; Transformateurs. 3^e édition, entiè-
ement refondue. In-8°, x-280 p. avec fig. Paris, Gauthier-Villars.
(5203)

- JAUBERT (G.-F.).** — L'Industrie du goudron de houille. In-16, 172 p. avec fig. Paris, Gauthier-Villars; Masson et C^{ie}. 2^f,50. (1305)
- L'Industrie des matières colorantes azoïques. In-16, 168 p. Paris, Gauthier-Villars, Masson et C^{ie}. (6226)
- LAFFARGUE (J.).** — Manuel pratique du monteur électricien. Le Mécanicien-Chauffeur électricien; Montage et conduite des installations électriques. Cours d'électricité industrielle pratique professionnelle fait à la Fédération générale des chauffeurs mécaniciens de France et d'Algérie. 4^e édition. In-16, VIII-675 p. avec fig. Paris, Tignol. (4918)
- LEBLOND (H.).** — Les Moteurs électriques à courant continu. 2^e édition. In-8^o, VI-570 p. avec fig. Paris et Nancy, Berger-Levrault et C^{ie}. 10 fr. (2868)
- LORENZ (H.).** — Machines frigorifiques. Production et Application du froid artificiel; par *H. Lorenz*, ingénieur, professeur à l'Université de Halle. Traduit de l'allemand, avec l'autorisation de l'auteur, par *P. Petit*, professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Nancy, et *J. Jaquet*, ingénieur civil. In-8^o, IX-187 p. avec fig. Paris, Gauthier-Villars et fils. 7 fr. (723)
- PÉCHEUX (H.).** — Précis de physique industrielle, rédigé conformément aux programmes officiels, à l'usage des écoles pratiques d'industrie, des écoles professionnelles et industrielles de tous ordres, des jeunes gens qui se destinent à l'industrie, des mécaniciens et des électriciens. Introduction par *M. Paul Jacquemart*, inspecteur général de l'enseignement technique. In-18 jésus, VII-577 p. avec 464 fig. Paris, J.-B. Baillière et fils. (5509)
- Une excursion électro-technique en Suisse; par les élèves de l'École supérieure d'électricité. Avec une préface de *P. Janet*, directeur de l'École supérieure d'électricité. In-8^o, X-280 p. avec fig. Paris, Gauthier-Villars. 2^f,75. (5305)
- VILLON (A.-M.) et P. GUICHARD.** — Dictionnaire de chimie industrielle, contenant les applications de la chimie à l'industrie, à la métallurgie, à l'agriculture, à la pharmacie, à la pyrotechnie et aux arts et métiers. T. II. (Fin.) Fascicules 20, 21. In-4^o à 2 col., 104 p. avec fig. Paris, Tignol. (4768)
- WITZ (A.).** — Thermodynamique, à l'usage des ingénieurs. 2^e édition. In-16, 203 p. avec fig. Paris, Gauthier-Villars; Masson et C^{ie}. 2^f,50. (6099)

6° *Exploitation des mines. — Gîtes minéraux.*

- industrielle de la Chine, contenant les lignes ferrées et télégraphiques construites, concédées et probables, les usines connues, avec les divisions en provinces et les relations avec les puissances voisines, d'après les documents les plus récents et inédits, par M. Louis Sculfort et M. Francis Laur. Paris, par ordre du Ministre des Affaires étrangères, M. Jules Ferry (1885). Prix : en feuille, 15 fr. ; cartonnée et pliée, en toile et murale, 20 fr. Paris, Société anonyme des Éditions scientifiques et industrielles. (1)
- F.). — *Exploitation des mines*. In-16, viii-344 p. avec fig. V° Dunod. (2770)
- E.). — *Sur le gîte cuprifère d'Inguaran (État de Michoacan, Mexique)*. In-8°, 7 p. Tours, impr. Deslis frères. (Extr. du *Bulletin de la Soc. franç. de minéralogie*). (1247)
- J.). — *Des poussières charbonneuses dans l'industrie textile et de leurs effets sur l'organisme, communication au Congrès international de Madrid, le 13 avril 1898 (section d'hygiène du travail)*. In-8°, 8 p. Montluçon, impr. du Centre médical et pharmaceutique (Extr. du *Centre médical*). (5154)
- K.). — *Note sur l'industrie minérale au Japon*. In-8°, Paris, V° Dunod (Extr. des *Annales des Mines*). (4626)
- L. de). — *Recherche, Captage et Aménagement des eaux thermo-minérales. Origine des eaux thermo-minérales ; Propriétés physiques et chimiques. Cours professé à l'École supérieure des Mines*. In-8°, x-642 p. avec fig. Paris, V° Dunod et C°. (964)
- *Emploi de l'électricité dans les mines à grisou en France*. In-8°, 16 p. Paris, V° Dunod (Extr. des *Annales des Mines*). (4362)
- M.). — *Mémoire sur les phosphates noirs des Pyrénées*. 100 p. et planches. Paris, V° Dunod (Extr. du même ouvrage). (4651)
- N.). — *L'Industrie extractive dans les Pyrénées, étude faite au point de vue du développement du port de Bayonne (pierres, marbres, ardoises). Conférence faite au Cercle de Bayonne, le 6 mars 1899*. In-8°, 16 p. Bayonne, Éditions L. Lamoignon. (5488)
- O.). — *Conférence sur les mines d'or du Klondyke*. In-4°,

- 22 p. avec portrait. Rouen, impr. Gy (Extr. du *Bull. de la Soc. normande de géographie*). (3757)
- SCHIFF (F.). — Les Mines d'or de la Nouvelle-Zélande. In-8°, 96 p. avec grav. Paris, 6, rue de la Chaussée-d'Antin. (5291)
- 7° Construction. — Chemins de fer.
- BOURDELLES (M.). — Ponts en maçonnerie articulés aux naissances et à la clef. In-8°, 64 p. Paris, V° Dunod (Extr. des *Annales des Ponts et Chaussées*). (2738)
- Code des signaux échangés entre les agents des trains et les agents de la voie ou des gares. Arrêté ministériel du 15 novembre 1885. Petit in-16, 29 p. Paris, impr. P. Dupont (Chemins de fer de l'Ouest). (3410)
- CONSIDÈRE. — Influence des armatures métalliques sur les propriétés des mortiers et bétons. In-8°, 53 p. Paris, 6, rue de la Chaussée-d'Antin. (Extr. du journal *le Génie civil*). (4053)
- DELEBECQUE (G.). — Manuel de statistique des chemins de fer français. Résultats de l'exploitation des sept grands réseaux pendant l'année 1897, publiés, d'après les documents officiels, par M. Germain Delebecque, inspecteur général honoraire des services commerciaux du chemin de fer du Nord (3^e année). In-16, iv-72 p. Paris, Chaix. 1 fr. (902)
- DUBOIS (J.). — Notice sur les constructions en ciment armé; 2^e édition. In-8°, 102 p. avec fig. et planches. Paris, V° Dunod. (4293)
- DUPLAIX (M.). — Abaques des efforts tranchants et des moments de flexion développés dans les poutres à une travée par les surcharges du règlement du 29 août 1891 sur les ponts métalliques. In-8°, 106 p. Paris, Carré et Naud. (913)
- FLORENTIN (R.). — Système de protection des trains de chemin de fer contre les collisions. In-18, 17 p. Calais, impr. des Orphelins. (6457)
- GOMEL (C.). — Le matériel roulant des chemins de fer français. In-8°, 20 p. Paris, Chaix (Extr. de *l'Economiste français*). (3173)
- LACAN (A.). — Étude technique et pratique sur les chemins de fer d'intérêt local, les tramways et autres voies ferrées secondaires (thèse). In-8°, 245 p. Paris, Arthur Rousseau. (2343)
- LAVERGNE (G.). — Étude des divers systèmes de constructions en ciment armé. In-8°, 70 p. avec fig. Paris, le Génie civil; Baudry et C^{ie} (Extr. du journal *le Génie civil*). (2353)

BIBLIOGRAPHIE

...). — Quelques considérations sur les tramways et chemins de fer sur routes en matière d'accidents ; Jurisprudence ; Arrêts et Arrêtés administratifs. In-8°, 24 p. Lyon, impr. (1801)

U (E.). — Note sur la convergence des essieux dans les rails à grand écartement d'essieux de la Compagnie d'Orléans. In-8°, 7 p. et planches. Paris, V° Dunod (Extr. des *Annales des chemins de fer*). (4707)

L.). — Les Constructions en béton de ciment armé. 10 p. Limoges, V° Ducourtioux (Extr. des Publications de la Société Gay-Lussac). (1836)

[P.-A.). — Note sur le tracé des joints dans les voûtes en briques exécutées en briques. In-8°, 8 p. av. fig. Paris, V° G. et C° (Extr. des *Nouvelles Annales de la construction*). (1078)

Le réseau des chemins de fer français au 31 décembre 1897. Statistiques principales. In-8°, vi-561 p. et 2 cartes en coul. Paris, Impr. nationale. 5 fr. (Ministère des travaux publics). (3978)

1° Législation. — Économie politique et sociale.

G.). — L'État et les chemins de fer. In-16, 56 p. Privas, Impr. Ardéchoise. 1^{fr},50. (1215)

Bloux (J.). — Voies navigables et Voies ferrées. In-8°, 110 p. Paris, 110, rue de l'Université (Extr. de la *Revue politique et économique*). (76)

...). — Étude économique et juridique sur les chemins de fer d'intérêt local (thèse). In-8°, 190 p. Paris, Larose. (1980)

J.) et E. FUSTER. — Aperçu historique sur les syndicats de charbonniers et des combustibles dans le bassin rhénan-westphalien. 18 p. Paris, Comité central des houillères de France, de Châteaudun. (144)

Le Groupement des industriels en mutualités d'assurance contre les accidents et les charges supportées par les industries, en Autriche, en Allemagne et en France. 10 p. Paris, 20, rue Louis-le-Grand (Extr. du *Bull. du Comité permanent du Congrès des accidents du travail*). (6202)

(P.). — Étude sur les rapports des agents de chemins de fer avec les compagnies ou administrations qui ont engagé des services et avec l'État. In-8°, 278 p. Paris, Arthur Larose. (6493)

... de). — Les Accidents mortels dans les charbonnages,

- les mines métalliques et les carrières des principaux pays (étude statistique). In-8°, 18 p. et tableau graphique. Paris, 26, rue Louis-le-Grand (Extr. du *Bull. du Comité permanent du Congrès des accidents du travail*). (4110)
- LECOUTURIER (G.). — Traité théorique et pratique des accidents du travail. Commentaire analytique de la loi du 9 avril 1898, contenant la responsabilité des accidents dont les ouvriers sont victimes dans leur travail. In-8°, 331 p. Paris, Fontemoing. 7^f,40. (5457)
- LEPROUX. — La Grève des ouvriers mineurs du Pays de Galles en 1898. In-8°, 71 p. Paris, V° Dunod (Extr. des *Annales des Mines*). (4647)
- Loi du 25 juin 1895 sur l'établissement des conducteurs d'énergie électrique. Circulaire ministérielle et Instruction technique sur l'application de la loi. In-8°, 55 p. Paris, Syndicat professionnel des industries électriques, 19, rue Blanche. (197)
- Loi sur les responsabilités des accidents dont les ouvriers sont victimes dans leur travail (9 avril 1898), suivie des décrets des 28 février et 5 mars 1899 et des arrêtés des 29, 30 et 31 mars 1899 qui en règlent l'application. In-32, 31 p. Bordeaux, impr. Delagrange. 0^f,50. (5231)
- Lois, Décrets et Circulaires concernant les appareils à vapeur. Note pour la préparation des épreuves hydrauliques effectuées avec le concours de l'Association des propriétaires d'appareils à vapeur du nord de la France. Instructions sur les mesures de précaution habituelles à observer dans l'emploi des appareils à vapeur. In-8°, 59 p. Lille, impr. Danel. (198)
- Lozé (E.). — Conciliation et Arbitrage dans le bassin houiller du Nord et du Pas-de-Calais (1889-1898). In-8°, vi-80 p. Paris et Nancy, Berger-Levrault et C^{ie}. (2887)
- PARRAN (A.). — Du régime légal auquel ont été soumis, en Algérie, les minerais de fer exploitables à ciel ouvert, dans la période du 9 novembre 1845 au 23 juin 1866. In-4°, 10 p. Paris, Chaix. (1817)
- PIC (P.). — La loi du 9 avril 1898 sur les accidents du travail. Étude critique. Grand in-8°, 59 p. Paris, Larose (Extr. de la *Revue d'économie politique*). (5517)
- PÉCHAUD (P.). — De la propriété des mines dans ses rapports avec celle de la surface et de leur usufruit (thèse). In-8°, 148 p. Paris, A. Rousseau. (3735)
- SACHET (A.). — Traité théorique et pratique de la législation sur les accidents du travail. In-8°, 899 p. Paris, Larose. 12 fr. (5540)

- MICHOTTE (F.). — Connaissances pratiques pour conduire les automobiles à pétrole et électriques, suivies du nouveau règlement. Cours professé à l'Association polytechnique. In-18, VIII-263 p. avec fig. Paris, 21, rue Condorcet; Rijckvorsel. (6558)
- MILANDRE (C.) et R.-P. BOUQUET. — Traité de la construction, de la conduite et de l'entretien des voitures automobiles, publié sous la direction de *Ch. Vigreux*, ingénieur civil. 3^e volume : Voitures automobiles à pétrole. In-16, 160 p. avec fig. Paris, Bernard et C^{ie}. (1553)
- Programme des connaissances exigées pour l'admission à l'École des mines de Saint-Étienne. In-12, 24 p. Paris, Nony et C^{ie} (Ministère des travaux publics). (2144)
- RINGELMANN. — Les Machines agricoles. 1^{re} série : Culture ; Enseignement ; Récolte. 3^e édition, revue et augmentée. Petit in-16, 202 p. avec 111 fig. Paris, Hachette et C^{ie}. 0^f,50. (2157)
- Statistique de l'industrie minérale et des appareils à vapeur en France et en Algérie pour l'année 1897, avec un appendice concernant la statistique minérale internationale. In-4^o, XXII-262 p. Paris, V^e Dunod ; Baudry et C^{ie}. 10 fr. (Ministère des travaux publics). (2179)
-

OUVRAGES BELGES.

-
- HEUSCH (F. DE). — Cours d'analyse. Calcul différentiel. In-8^o, 278 p. av. fig. Bruxelles, A. Castaigne.
- WATTEYNE (V.) et L. DENOEL. — Les accidents survenus dans les cheminées d'exploitation pendant les années 1884 à 1898 inclusivement. In-8^o, 105 p. Bruxelles (Ministère de l'industrie et du travail. — Service des accidents miniers et du grisou. — Etudes sur les accidents).
-

3° *Minéralogie. — Géologie. — Paléontologie.*

BONNEY (T.-G.). — *Volcanoes : Their Structure and Significance.*
 Illust. In-8°, xiii-351 p. J. Murray. 8^f, 15.

DAVISON (C.). — *The Hereford Earthquake of December 17, 1896.*
 In-8°, 317 p. Simpkin. 13^f, 15.

LAPWORTH (C.). — *An Intermediate Text-Book of Geology. Founded on the Introductory Text-Book of Geology, by the late David Page.* Illust. In-8°, xvii-414 p. W. Blackwood. 6^f, 25.

LYDEKKER (R.). — *Wild Oxen, Sheep and Goats of all Lands, living and extinct.* Londres. In-4°, 334 p. av. planches. 157^f, 50.

Memoirs of the Geological Survey. England and Wales. The Geology of the Borders of the Wash, including Boston and Hunstanton (Explanation of Sheet 69, Old Series). By W. Whitaker, and A.-J. Jukes-Browne. 3^f, 75.

— *The geology of the Country around Carlisle. Explanation of Sheet 107, with Parts of 101 and 106 Old Series; Sheets 16 and 17, with Parts of 12, 18, 22 and 23, New Series.* By T.-V. Holmes. 1^f, 60.

— *The Geology of the Isle of Purbeck and Weymouth.* By Aubrey Strahan. 13^f, 15.

— *The Water Supply of Sussex from Underground Sources.* By W. Whitaker and Clement Reid. 3^f, 75.

STREETER (E.-W.). — *Precious Stones and Gems, Their History, Sources and Characteristics. Illustrated with Coloured Plates.* 6th ed., Revised and largely Re-written, Up-to-date. In-8°, 356 p. G. Bell. 18^f, 75.

4° *Mécanique appliquée et Machines.*

BARR (W.-M.). — *Boilers and Furnaces Considered in their Relations to Steam Engineering.* In-8°. Lippincott. 22^f, 50.

BUSLEY (C.). — *The Marine Steam Engine : Its Construction, etc.* 3rd ed., Revised and Translated by H.-A.-B. Cole. 2nd part. In-8°, Grevel. 25 fr.

GOODMAN (J.). — *Mechanics Applied to Engineering. With 620 Illustrs. and numerous Examples.* In-8°, 614 p. Longmans. 9^f, 40.

HILLER (E.-G.). — *Working of Steam Boilers : Being Instructions respecting the Working, Treatment and Attendance of Steam Boilers for the Use of Boiler Attendants, and those in Charge*

BIBLIOGRAPHIE

responsible for Steam Boilers. 2nd ed. Illust. In-8°, 54 p. 1 fr., J. Collins, Whittaker. 1^r, 25.

(J.). — A Text-Book of Applied Mechanics. Specially for the Use of Science and Art, City and Guilds of Institute, and other Engineering Students. Vol. 2, 2nd ed and Enlarged. With numerous Diagrams and Ex-Questions. In-8°, 493 p. C. Griffin. 10^r, 65.

(J.). — Steam Boilers : Their Defects, Management and Repair. 3rd ed. With numerous Illusts. and Tables. In-8°, C. Griffin. 5^r, 65.

— The Steam Engine and Gas and Oil Engines. A Book for Students who have Time to Make Experiments and Calculations. In-8°, 654 p. Macmillan. 9^r, 40.

Marine Boilers : The Causes and Prevention of Priming. Remarks on their General Management, and Notes on Tube Boilers by *Henry T. Davis*. With 58 Illusts. 2nd ed. Ritten and Enlarged. In-8°, 224 p. Simpkin. 5^r, 65.

(J.). — Tables for Calculating the Discharge of Water in Pipes and Power Supplies. In-8°, 64 p. Spon. 6^r, 25.

Recherches industrielles de la physique et de la chimie. — Métallurgie.

(J.-H.). — The Commercial and Business Aspects of Electricity Supply : A Practical Handbook for the Electrical Engineers to Municipal Corporations and Committees of Municipal Electricity Committees. Illust. In-4°. Whittaker. 16^r, 75.

— Continuous Current Dynamos in Theory and Practice. Details of Methods and Formulæ Used in Construction. Practical Hand-Book for Designers, Manufacturers and Engineers. Illust. with nearly 300 Diagrams. In-8°, 440 p. Biggs. 13^r, 15.

(J.). — Tables for Quantitative Metallurgical Analysis for Laboratory Use. In-8°. C. Griffin. 5 fr.

(J.-H.) and Moor (C.-G.). — The Analysis of Food and Drugs. Part 2, Chemical and Biological Analysis of Water. 2nd ed. Tindale. 6^r, 25.

(J.). — Handbook of Metallurgy. Translated by *Henry Sturges*. Vol. 1 : Copper, Lead, Silver, Gold ; Vol. 2 : Zinc, Iron, Mercury, Bismuth, Tin, Antimony, Arsenic, Nickel, Cobalt, Platinum, Aluminium. In-8°. Macmillan. 52^r, 50.

Science Abstracts : Physics and Electrical Engineering. Vol. I, 1898. In-8°. Spon. 47^f,50.

6° *Exploitation des mines. — Gîtes minéraux.*

BROUGH (B.). — A Treatise on Mine-Surveying. 7th ed., Revised with Numerous Diagrams. In-8°, 378 p. C. Griffin. 9^f,40.

BROWN (M.). — Gradation for Mine Management (Prepared for the Use of Practical Men who Require Common, Practical Information). In-8°, 111 p. Wigan, T. Wall and Sons. 1^f,90.

CHARLETON (R.-H.). — Useful Information for Gold Mining Investors. In-8°. E. Wilson. 1^f,25.

Home Office. Mines. Year 1898. List of Mines in the United Kingdom of Great Britain and Ireland and the Isle of Man. 3^f,75.

— Mines and Quarries. General Report and Statistics for 1897. Part. 4, Colonial and Foreign Statistics. 2 fr.

Mines. Report of the Inspection of Mines in India for 1897. By J. Grundy. 2^f,85.

— Coal Supply of India. 0^f,65.

Parliamentary. — Mines and Quarries. Inspectors' Reports for 1898.

— — — N° 1. East Scotland. 0^f,45.

— — — N° 2. West Scotland District. Plans. 0^f,85.

— — — N° 3. Newcastle District. 0^f,65.

— — — N° 4. Durham District. 0^f,65.

— — — N° 6. North and East Lancashire and Ireland. Plans. 1^f,05.

— — — N° 8. Midland District. Plans. 1^f,05.

— — — N° 9. North Wales, etc., District. Illustrations. 0^f,95.

— — — N° 10. North Staffordshire. 0^f,65.

— — — N° 11. South Staffordshire. 0^f,35.

— — — N° 12. South Western District. 0^f,75.

— — — N° 13. South Wales District. 0^f,45.

SKINNER (W.-R.). — Mining Manual for 1899. Londres. In-8°, 1392 p. 31^f,25.

7° *Construction. — Chemins de fer.*

BLACKHALL (R.-H.). — Up-to-Date Air Brake Catechism. In-8°. Spon 8^f,15.

COLE (W.-H.). — Light Railways at Home and Abroad. With Plates and Illustrations. In-8°, 352 p. C. Griffin. 20 fr.

- Mc DONNELL (R.). — How to Become a Locomotive Engineer : Being Advice to Young Mechanical Engineers Passing through Locomotive Works. New ed. In-8°, 62 p. Whittaker. 4^f,25.
- PETTIGREW (W.-F.). — A Manual of Locomotive Engineering, with Historical Introduction. A Practical Text-Book for the Use of Engine Builders, Designers and Draughtsmen, Railway Engineers, and Students. With a Section on American and Continental Engines by *Albert F. Ravenshear*. With 9 Plates and 280 Illustrations. In-8°, 446 p. Griffin. 26^f,25.
- Parliamentary*. — Railways. Continuous Brakes Returns, Jan.-June, 1898. 4^f,25.
- Railways in India Report. Part 2, 1897-1898. 3^f,75.
- SEKON (G.-A.). — The Evolution of the Steam Locomotive (1803-1898). 2nd ed., enlarged. In-8°, 336 p. Railway Publishing Co. 6^f,25.
- UNWIN (W.-C.). — The Testing of Materials of Construction. 2nd ed. In-8°, Longmans. 20 fr.

8° *Législation.*

- Bigg's General Railway Acts. A Collection of the Public General Acts for the Regulation of Railways, Including the Companies, Lands and Railways Clauses, Consolidation Acts, Complete, 1830-1898. With a Copious Index. 15th ed. As amended to the close of Session 1898. In-8°, 958 p. Waterlow. 34^f,25.

9° *Objets divers.*

- KEMPE (H.-R.). — The Engineer's Year Book of Formulæ, Rules, Tables, Data and Memoranda in Civil, Mechanical, Electrical, Marine and Mine Engineering, 1899. With about 900 Illusts. In-8°, 658 p. Crosby Lockwood and Son. 10 fr.
- MOLESWORTH (Sir L.) and BRIDGES (H.). — Pocket Book of Useful Formulæ and Memoranda for Civil and Mechanical Engineers. 24th ed., revised and enlarged. In-32, 852 p. Spon. 7^f,50.
- POWER (F.-D.). — A Pocket-Book for Miners and Metallurgists. Comprising Rules, Formulæ, Tables and Notes for Use in Field and Office Work. 2nd ed. Corrected. In-12, 350 p. Crosby Lockwood and Son. 11^f,25.

OUVRAGES AMÉRICAINS.

BROWN (N.). — The Organization of Gold Mining Business. New-York. In-8°. 62^f,50.

HOPMAN (H.-O.). — The Metallurgy of lead and the Desilverization of base bullion. 5th ed. In-8°, xvi-559 p. av. fig. New-York, Scientific publishing Co. 34^f,50.

DE MORGAN (A.). — On the Study and Difficulties of Mathematics. New ed. Portrait. In-8°, vi-288 p. Chicago, Open Court Publishing Co. 6^f,25.

OUVRAGES ALLEMANDS.

1° *Mathématiques et Mécanique pures.*

BURKHARDT (H.). — Funktionentheoretische Vorlesungen. II. Tl. Elliptische Functionen. Leipzig. In-8°, xvi-373 p. av. fig. dans le texte (Fin). 12^f,50. (1267)

DÖRRIE (H.). — Das quadratische Reciprocitätsgesetz im quadratischen Zahlkörper mit der Classenzahl 1. Göttingen. In-8°, 75 p. 3 fr. (2010)

Encyklopädie der mathematischen Wissenschaften mit Einschluss ihrer Anwendungen. Herausgegeben von H. Burkhardt und W.-F. Meyer. I. Tl.: Reine Mathematik. I. Bd.: Arithmetik und Algebra. Redigirt von W.-F. Meyer. 2. Heft. Leipzig. In-8°, 112 p. 4^f,25. (1270)

v. ESCHERICH (G.). — Die zweite Variation der einfachen Integrale. 1-3. Mittheilung (Extr. des *Sitzungsber. d. k. Akad. der Wissenschaften*). Vienne. In-8°, 60-60 et 48 p. 3^f,90. (1273)

PIETZKER (F.). — Beiträge zur Funktionen-Lehre. Leipzig. In-8°, v-64 p. av. 3 fig. 3^f,50. (2018)

PUZYNA (I.). — Teorya funkcji analitycznych. T. I, zeszyt 1 i 2. Lemberg. In-8°, 549 p. av. fig. 23^f,75. (915)

v. SCHAPER (H.). — Ueber die Theorie der Hadamard'schen Funk-

- JAUMANN (G.). — Interferenz der Kathodenstrahlen. I. Mittheilung. Vienne. In-8°, 98 p. 2^f,75. (522)
- KLIMONT (J.-M.). — Die synthetischen und isolirten Aromatica. Leipzig. In-8°, XII-206 p. 7^f,50. (1279)
- Sammlung chemischer und chemisch-technischer Vorträge. Herausgegeben von F.-B. Ahrens. III. Bd. 11. u. 12. Heft. Ueber langsame Verbrennung. Von G. Bodländer. Stuttgart. In-8°, III p. et p. 385-488. Chaque fascicule 1^f,25. (533)

3° *Minéralogie. — Géologie. — Paléontologie.*

- BRANCO (W.). — Die menschenähnlichen Zähne aus dem Bohnerz der schäwbischen Alb. I. u. II. Tl. (Extr. des *Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg*). Stuttgart. In-8°, 144 p. et 128 p. av. fig. et 3 pl. 5 fr. (1265)
- COHEN (E.). — Meteoreisen-Studien. VIII. (Extr. des *Annalen des k. k. naturhist. Hofmuseums*). Vienne. In-8°, 42 p. 2^f,50. (897)
- FRITSCH (A.). — Fauna der Gaskohle und der Kalksteine der Permformation Böhmens. IV. Bd. 1. Heft. Insecta. Myriopoda, pars I. Prague. In-fol., 32 p. av. fig. et 12 pl. color. 40 fr. (1658)
- HINTZE (C.). — Handbuch der Mineralogie. II. Bd. 14. Lfg. Leipzig. In-8°, avec fig. 6^f,25. (153)
- KIÄR (J.). — Die Korallenfauna der Etage 5 des norwegischen Silursystems (Extr. des *Palæontographica*). Stuttgart. In-4°, 59 p. av. fig. et 7 pl. 20 fr. (1665)
- MARTINI UND CHEMNITZ. — Systematisches Conchilien-Cabinet. 438-441. Lfg. Nürnberg. In-4°. Chaque livraison, 11^f,25. (162-1282)
- — Systematisches Conchilien-Cabinet. Sect. 144 u. 145. Nürnberg. In-4°. Chaque section 33^f,75. (163)
- — Systematisches Conchilien-Cabinet. I. Bd. 26. Abth. Die Gattung *Cirithium* Lam. Von W. Kobelt. Nürnberg. In-4°, 297 p. av. 47 pl. color. 95 fr. (525)
- PERNER (J.). — Etudes sur les Graptolites de Bohême. III^e partie. Sect. b. Prague et Leipzig. In-4°, IV-24 p. av. 8 pl. 18^f,75. (1286)
- ROTHPLETZ (A.). — Das geotektonische Problem der Glarner Alpen. Iéna. In-8°, VII-251 p. avec 34 fig., 1 atlas et 11 pl. color. 45 fr. (169)
- V. SIEMIRADZKI (J.). — Monographische Beschreibung der Ammo-

BIBLIOGRAPHIE

7° *Chemins de fer.*

BODA (M.). — Die Sicherung des Zugverkehrs bahnen, I. Thl. Die Sicherung des Zugve Strecke oder das Fahren in Raumdistanz. VIII-223 p. av. 144 fig. 12^f,50.

8° *Objets divers.*

BECK (L.). — Die Geschichte des Eisens in techr turgeschichtlicher Beziehung. IV. Abtlg. Das 5. u. 6. Lfg. Brunswick. In-8°, p. 705-1036 fascicule 6^f,25.

DÜMLER (K.). — Handbuch der Ziegel-Fabrikat lung der Ziegel, Terrakotten, Röhren, Platten festen Waaren und aller anderen Baumaterial tem Thon umfassend. Unter Mitwirkung von F beitet. I. u. II. Abth. Halle. In-4°, p. 1-176 av. fl

DUNCKER (G.). — Die Methode der Variationssta *Archiv für Entwicklungsmechanik*). Leipzig. 8 fig. 3 fr.

OUVRAGES SUISSES.

HUG (O.). — Beiträge zur Kenntniss der Lias- und niten aus der Zone der Freiburger Alpen. Ammoniten-Fauna von Les Pueys und Teys son (Extr. des *Abhandl. d. schweizer. paläont. Ge et Bäle*. In-4°, 29 p. av. 6 pl. 10 fr.

MAREK (J.). — Das helvetisch-gallische Pferd un gen zu den prähistorischen und zu den re (Extr. du même recueil). Zurich et Bäle. In-4 20 fr.

STUBER (T.). — Zwei neue Brachyuren aus der m (Extr. du même recueil). Zurich et Bäle. In-4 5 fr.

- BARBARO (L.). — Sull' equilibrio d'una sfera e d'un involucro sferico solidi, elastici ed isotropi sotto l'azione di forze di massa provenienti da un potenziale di secondo grado e sotto l'azione di una distribuzione di forze di secondo grado normali alla superficie della sfera e dell' involucro. Messine, Trimarchi. In-8°, 31 p. (1057)
- BIANCHI (L.). — Teoria delle funzioni di variabile complessa e delle funzioni ellittiche. Parte I. Pise. In-8°. 8 fr.
- BORTOLOTTI (E.). — Sulla convergenza degli algoritmi periodici e sulla risoluzione approssimata delle equazioni algebriche. Bologna, tip. G. Civelli. In-8°, 13 p. (1902)
- Considerazioni e teoremi sulla funzione proporzionalità, nel calcolo così elementare come differenziale ed integrale, di L.-S. Milan, tip. degli Ingegneri. In-8°, 47 p. (1063)
- CORDARA (S.). — Nota sulla impossibilità della quadratura del cerchio. Bologna, soc. tip. Azzoguidi. In-8°, 11 p. (4420)
- MORABITO (G.). — Memoria per l'equazioni di secondo grado. Gerace Marina, tip. V. Serafino e figlio. In-8°, 16 p. (3444)
- PINCHERLE (S.). — A proposito di un recente teorema del sig. Hadamard: nota. Bologna, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-8°, 10 p. (Extr. du *Rendiconto d. sess. d. r. accad. delle scienze dell' istit. di Bologna.*) (3445)
- PRIOLO (G.). — Tavole complete dei valori dei segmenti circolari. Sciacca, tip. B. Guadagna. In-8°, 22 p. (3004)
- RAZZABONI (A.). — Le formole del Frenet in geometria iperbolica e loro principali applicazioni. Bologna, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-4°, 22 p. (4426)
- RUFFINI (F.-P.). — Ricerche intorno ai momenti d'inerzia di un sistema di punti privo di baricentro: nota. Bologna, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-8°, 26 p. (Extr. des *Rendiconti d. sess. d. r. accad. delle scienze dell'istit. di Bologna.*) (1068)
- SEVERINI (C.). — Sull' integrazione approssimata delle equazioni differenziali ordinarie. Bologna, N. Zanichelli. In-4°, 27 p. (4429)
- VALLE (G.). — Funzioni ad una variabile e loro limiti: un capitolo di algebra elementare. Noto, tip. F. Zammit. In-8°, 38 p. (4938)
- VIVANTI (G.). — Corso di calcolo infinitesimale. Messine, A. Trimarchi. In-16, 6-576 p. av. fig. 8 fr. (646)
- ZIGNAGO (I.). — Equazioni funzionali. Gênes, tip. istit. Sordomuti. In-16, 31 p. (3910)
- Osservazioni sulla convergenza delle serie. Gênes, tip. istit. Sordomuti. In-16, 10 p. (3911)

BIBLIOGRAPHIE

2° Physique et Chimie.

soluzioni solide fra composti a catena aperta : nota.
L. Battei. In-8°, 7 p. (Extr. de la *Gazzetta chimica*
(4928)

Intorno alle opere scientifiche di Galileo Galilei
e nazionale sotto gli auspici di S. M. il Re d'Italia.
G. Ferrari. In-8°, 76 p. (Extr. des *Atti del r. istit.*
nze, lettere ed arti). (4421)

ITA (Z.), ROVELLI (C.). — I cimeli di Volta : raccolta
a per cura della Società storica comense e del
cutivo per le onoranze a Volta. Côme, Bertolini
In-8°, 37 p. av. 22 pl. et 6 facsimile. 2 fr. (Extr. de
torica). (4931)

Metodo pratico per l'analisi chimica qualitativa.
B. Francesco. In-24, 70 p. 1 fr. (2278)

Di una sensibile e poco nota reazione dell'acido
siente a differenziarlo dagli acidi digallico e piro-
o, tip. del Riformatorio patronato. In-8°, 4 p. (Extr.
imico-farmaceutico). (3442)

Intorno all'azione del joduro isopropilico sull'ani-
in presenza di polvere di zinco e della depurazione
lalde. Sienne, tip. Cooperativa. In-8°, 7 p. (2279)

— Nuovo metodo di valutazione volumetrica del
mercurio. Casalmaggiore, tip. Bertoni. In-8°,
(2675)

— Sugli armonici delle vibrazioni elettriche : nota.
raccini. In-8°, 8 p. (4933)

— La luce ne' campi magnetici : fenomeno di
an, tip. fr. Treves. In-16, 15 p. av. fig. (Extr. de
ientifico ed industriale). (1905)

La storia della chimica ed alcune note di filosofia
sino, L. Ciolfi. In-8°, 49 p. (1547)

la deviazione magnetica. Livourne, tip. G. Meucci.
v. fig. (Extr. des *Annali dei r. istit. tecnico e nautico*
(4936)

— Teoria della grandine e dei temporali accompa-
nate : conferenza tenuta a Torino in occasione del
omosso dalla società meteorologica italiana, 14 set-
Turin, tip. degli Artigianelli. In-16, 20 p. (3904)

BIBLIOGRAPHIE

- ROVIDA (A.). — La luce monocromatica come vibrazione
tita : conseguenze per le onde hertziane e per l'ottic
gica. Florence, tip. L. Niccolai. In-8°, 12 p. (Extr. de
scientifica).
- VILLARI (E.). — Ricerche sulla conducibilità termica dei p
combustibilità delle fiamme : nota. Bologne, tip. Gar
Parmeggiani. In-8°, 8 p. av. fig. (Extr. du *Rendiconto*
d. r. accad. delle scienze dell'istituto di Bologna).
- VIVARELLI (A.). — Campo ruotante uniforme. Livou
G. Meucci. In-8°, 8 p. (Extr. des *Annali dei r. istit. tecn*
tico di Livorno).

3° Minéralogie. — Géologie. — Paléontologie.

- ACHIARDI (G. d'). — I quarzi delle gessaie toscane. Pis
Nistri. In-8°, 27 p. av. 2 pl. (Extr. des *Memorie, d. so*
di sc. naturali).
- BARETTI (M.). — I giacimenti antracitiferi di Valle d'Ao
zione geologica. Milan, tip. fr. Bietti e G. Minacca. Ir
(Extr. des *Annali del r. istit. industriale e profession*
rino).
- BOMBICCI (L.). — Le interessanti anomalie (dissimmetr
tamenti) dei mirabili cristalli di solfo nativo, della n
Cà-bernardi. — Confronto colle anomalie e contorsio
del quarzo di Porretta. — Le ipotesi del prof. G. T
sulle curvature delle lastre paraboloidi : obiezioni
ipotesi ; diversa spiegazione proposta per le suddette c
memorie. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In
av. 5 pl. (Extr. des *Memorie d. r. accad. delle scienze d*
Bologna).
- CARAPPEZZA (E.) e SCHOPEN (L.-F.). — Sopra alcune nu
chonelline della Sicilia : nota. Palermo, tip. D. Ve
40 p. av. 4 pl. (Extr. du *Giornale d. soc. di scienze n*
economiche).
- GEMMELLERO (G.-G.). — La fauna dei calcari con Fusio
valle del Sosio. Palermo. In-4°. 40 fr.
- ISSEL (A.). — Rupe incisa dell'Acquasanta (Appennin
Gênes, tip. Ciminago. In-8°, 6 p. av. fig. (Extr. des *l*
ligustica di scienze naturali e geografiche).
- NAMIAS (I.). — Collezione di molluschi pliocenici di Cast
esistenti nel museo di mineralogia e geologia dell' un

BIBLIOGRAPHIE

- na. Modène, tip. G. T. Vincenzi e nipoti. In-8°, 214 p.
des *Atti d. soc. dei naturalisti di Modena*). (289)
- IGHI (F.). — Nota sopra una scimmia fossile italiana.
s, tip. A. Ciminago. In-8°, 7 p. (Extr. des *Atti d. soc. ligus-
li scienze naturali e geografiche*). (290)
- ELLI (D.). — Ricerche sulle sabbie fluviali e sotterranee di
ia e Panaro. Modène, tip. G.-T. Vincenzi e nipoti. In-8°,
(Extr. des *Atti d. soc. dei naturalisti e matematici di
na*). (4934)
- .). — Val di Venina; sorgenti dell'Adda: note geognos-
. Sondrio, tip. del Corriere della Valtellina. In-16, 24 p.
lanche. (644)
- (G.). — Istruzione elementare di geologia, mineralogia ed
per la ricerca dei minerali: spiegazioni teorico-pratiche.
1, tip. succ. A. Baglione. In-8°, 107 p. av. 4 pl. 3 fr. (3006)
- « (A.). — Corso di geologia. Terza edizione con note ed
inte per cura del prof. A. Malladra. Vol. I, fasc. 1 à 3.
1, tip. C. Rebeschini e C. In-8°, p. 1-192. Chaque fasci-
1', 20. (1907-3450-4430)
- A GUSTAVO. — Ceno descrittivo del goniometro a spranghe
o da Gustavo Vinaccia. Naples, tip. L. Gargiulo. In-8°, 8 p.
(3974)
- C.). — Le basi della cristallografia. Pise, tip. succ. fr. Nis-
n-8°, 19 p. (645)

4° Mécanique appliquée et Machines.

- 1 (J.). — Formole fondamentali di applicazione generale
le turbine motrici e per le pompe centrifughe elevanti:
ioria. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-4°, 22 p.
planche (Extr. des *Memorie d. r. accad. delle scienze
istit. di Bologna*). (1058)
- iteur Excelsior de vapeur à tubes d'eau (Société pour
loitation de découvertes industrielles à Naples). Naples,
3. Cozzolino e C. In-8°, 36 p. avec fig. et planche. (1179)
- 21 (E.-N.). — La sorveglianza delle caldaie a vapore nel
o d'Italia. Padoue, tip. Sanavio e Pizzati. In-8°, 56 p.
(355)

5° *Applications industrielles de la physique et de la chimie. —
Métallurgie.*

- BORGHINI (N.).** — Il fulmine; modificazioni scientifico-pratiche sulla costruzione dei parafulmini : lettura fatta per incarico della r. società meteorologica italiana, in occasione del congresso tenuto a Torino nel settembre del 1898. Arezzo, tip. E. Sinatti. In-16, 46 p. avec fig. (3897)
- BULL (A.).** — Un metodo semplice per la determinazione della sezione economica e della minima perdita di lavoro sulle condutture elettriche. Traduzione dal tedesco dell'ing. V. *Lo-Vetere Gallo*. Florence, tip. Bonducciana A. Meozzi. In-8°, 12 p. (*Extr. du Bollett. d. soc. toscana degli ingegneri ed architetti*). (684)
- FERRARIS (G.).** — Lezioni di elettrotecnica dettate nel r. museo industriale italiano in Torino, raccolte per cura della famiglia. Vol. I (Fondamenti scientifici dell'elettrotecnica). Turin, Roux Frassati e C. In-8°, iv-432 p. avec fig. 15 fr. (1066)
- LOMBARDI (L.).** — Sull'impiego dei condensatori nelle trasmissioni di energia elettrica a correnti alternate e loro costruzione industriale : memoria in appendice all' Annuario per l'anno scolastico 1898-99 (R. museo industriale italiano in Torino). Turin, tip. V. Bona. In-8°, 95 p. (4045)
- NORBACI (E.).** — L'A. B. C. dell'elettricista costruttore : principi generali; misure elettriche; pile ed apparecchi comuni; rocchetti e loro svariate e divertenti applicazioni; galvanoplastica; radiografia; luce elettrica; accumulatori; telefoni e telegrafi; dinamo ed impianti industriali, costruzione e manutenzione; telegrafia senza fili. Terza edizione. Venise, C. Acerboni. In-8°, 135 p. avec fig. (726)
- ROSA (V.).** — Descrizione di un congegno per rimettere all' ora gli orologi coll' uso di onde hertziane di determinata durata emesse in ora prestabilita dalla sede di un cronometro centrale mediante il telegrafo Marconi. Alexandrie, tip. G. Chiari. In-8°, 8 p. avec planche. (1549)
- Studio sulle condizioni dell' industria siderurgica in Lombardia** (Ministero di agricoltura, industria e commercio : direzione generale dell' agricoltura). Rome, tip. Nazionale di G. Bertero. In-8°, 48 p. avec planche. 1 fr. (Publicazioni del Corpo reale delle miniere). (3574)

BIBLIOGRAPHIE

- dell'architetto, dell'agronomo, dei capimastri, in industriali, ecc. Opera illustrata da oltre 4000 incisi 196-197. Milan, F. Vallardi. In-4°, p. 689-752, avec fig.
- Costruzione ed esercizio delle strade ferrate e delle norme pratiche dettate da una eletta di ingegneri. Disp. 142-146. Turin, Unione tipografico-editrice. In-4°, p. 1-32, 401-424, av. 9 pl.; p. 33-75, av. 3 pl.; p. 57-av. 10 pl. 2 fr. la livraison. (32)
- LEGNAZZI (E.-N.). — Tunnel sottomarino attraverso il Jonio nello stretto di Messina per la nuova ferrovia e la Sicilia. Padoue, tip. Sociale Sanavio e Pizzati. av. 2 pl. 1 fr.
- PARRACINI (E.). — La ferrovia transiberiana. Florence, fr. Bencini. In-16, 34 p. (Extr. du *Giornale dei lavori delle strade ferrate*).

8° Legislation. — Économie politique et sociale.

- FRANCHI (U.). — La nuova legge per gli infortuni del lavoro in rapporto ai contratti in corso e ai nuovi curatori: relazione rimessa al consiglio dell'associazione triale e commerciale dell'arte della lana in Prato Giachetti, figlio e C. In-8°, 21 p.
- Pozzo (C.). — Vent'anni di vita ferroviaria: storia della zione dei machinisti e fuochisti italiani. Opera pubblicata dall'associazione di M. S. e miglioramenti duttori delle locomotive delle ferrovie italiane. A. Koschitz e C. In-15, xxii-295 p., avec portrait. 1 f

9° Objets divers.

- BOCCARDO (E.-C.) e BAGGI (V.). — Trattato elementare geometria pratica. Disp. 60-61. Parte II (Topografia). Unione tipografico-editrice. In-8°, p. 105-168, av. 8 livraison.
- CONTI (A.). — Nuovi studi sui combustibili. Milan, tip. Turati. In-8°, 68 p.
- GRIDLO DELLA BERTA (G.). — Il telidrometrografo, brevettato indicante e scrivente a distanza le altezze segnate da un idrometro. Padoue, tip. Prosperini. av. planche.

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME QUINZIÈME.

MINÉRALOGIE. — GÉOLOGIE.

Rapport sur les travaux du Service géologique de
pour l'année 1897; par MM. A. Pomel et J. Pouy

EXPLOITATION DES MINES. — GITES MINÉRA

Mémoire sur les phosphates noirs des Pyrénées
M. David Lévat.....

Emploi de l'électricité dans les mines à grisou et
terre; par M. Leproux.....

Notes sur les champs d'or de Coolgardie; par M. L.

Commission du grisou. — Rapport sur des expé-
riences relatives à la détonation des grisounites Fav
M. Sarrau.....

Commission du grisou. — Note sur les recherches
concernant les explosifs de sûreté; par M. G. Ch

Note sur les gisements de minerais de fer des pi-
de Kertch et de Taman (Russie); par M. Bayard

Commission des substances explosives. — Rap-
port sur les expériences faites aux mines de Blanzay, le 6 jui
Etude des conditions d'établissement des dyna-
mites souterraines.....

TABLE DES MATIÈRES

591

Pages.

L'industrie minière de la province de Mendoza (République Argentine)	245
Statistique de l'industrie minérale de l'Autriche en 1897.....	350
Le cuivre en Bolivie	351
Statistique de l'industrie minérale de l'Espagne en 1897.....	463
Production minérale et métallurgique des Iles-Britanniques pendant l'année 1897.....	502
Statistique de l'industrie minérale de l'Allemagne et du Luxembourg en 1898.....	555

Législation étrangère.

Rhodesia. — Ordonnance de 1895 sur l'exploitation des mines dans le district de la British South Africa Company.....	247
Italie. — Loi du 2 juillet 1896 sur l'expropriation en matière des mines et les Syndicats miniers.....	354

BIBLIOGRAPHIE.

Premier semestre de 1899.

Ouvrages français.....	556
Ouvrages belges	569
Ouvrages anglais	570
Ouvrages américains.....	575
Ouvrages allemands.....	575
Ouvrages suisses.....	579
Ouvrages danois.....	580
Ouvrages espagnols.....	580
Ouvrages italiens	580

ERRATA

AU TOME QUINZIÈME.

Page 228, ligne 10, *au lieu de* : 24 acres, soit 96 hectares,
lire : 24 acres, soit 9,6 hectares.

Page 248, note (**), *au lieu de* : 3.000 £ (7.500 francs),
lire : 300 £ (7.500 francs),
et au lieu de : 5.000 £ (12.500 francs)
lire : 5.000 £ (125.000).

Fig. 4

Phlanite
avec gros nodules

Ph
 ă an

Fig. 11

6 19.11
ble fissuré
mpose



Fig 12

Nodule de phosphate
et de lydite



sembla

Légende de la Fig 13.

D **Devonien**

S₁ Schistes carbonifères

S₀ Schistes houllers

Cr. Grégoire

Pb. Phosphate

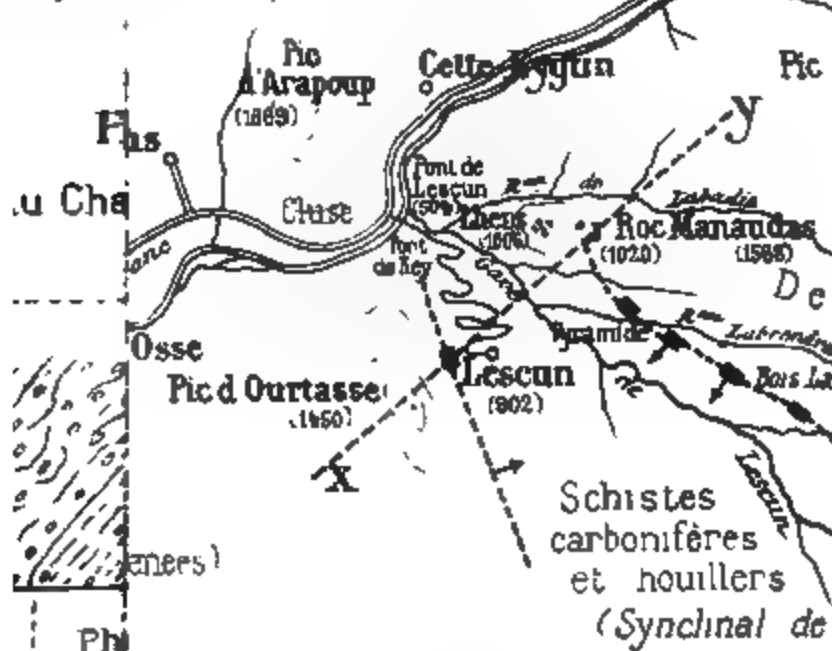


Fig. 1.

Carte géologique des gisements de phosphate de l'Ariège

Echelle : $\frac{1}{220\,000}$

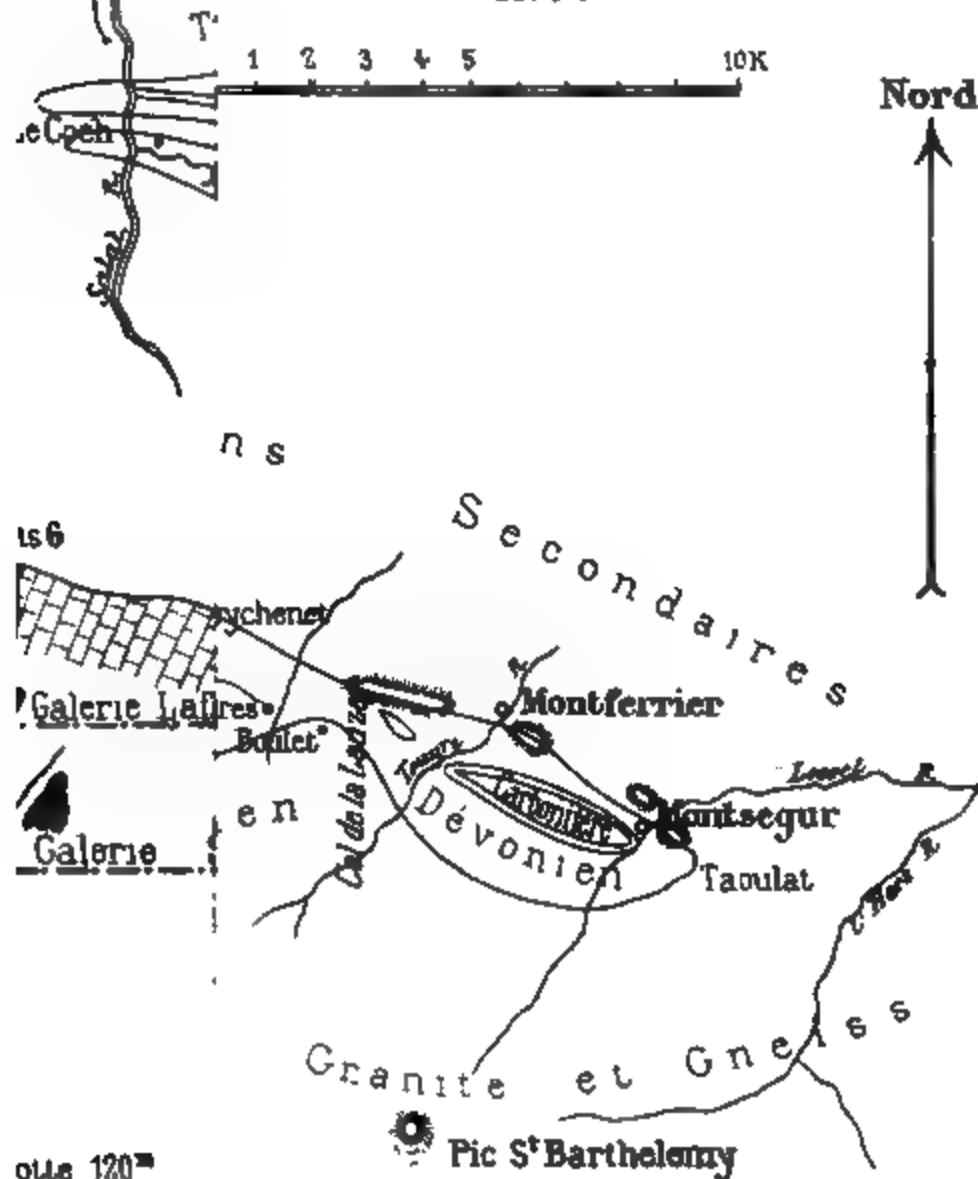
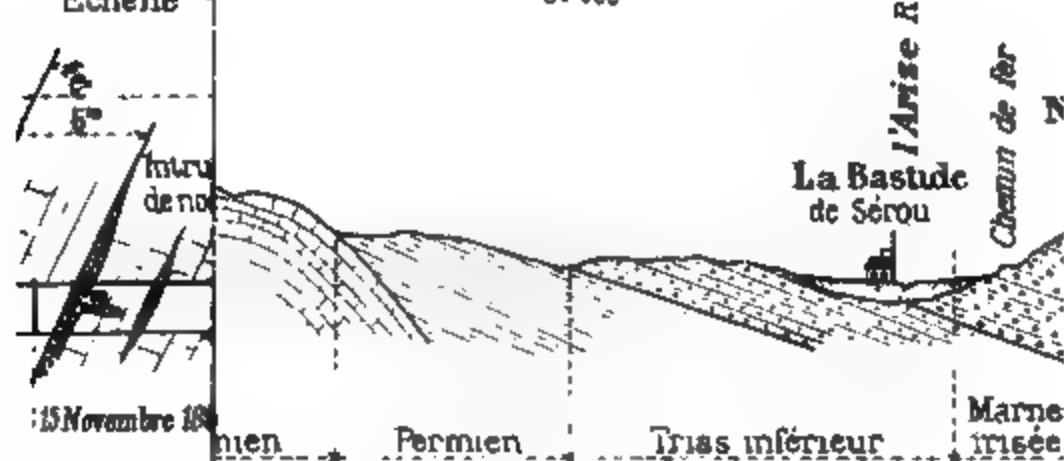


Fig. 3.

Carte géologique de Cazalas, Larbont La Bastide

Echelle des longueurs $\frac{1}{80\,000}$

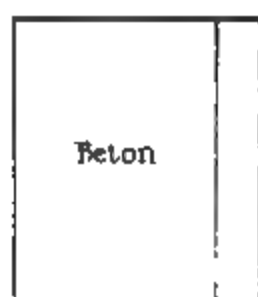


STATION D'ESSAI
DE L'ARSENAL DE WOOLV



Echelle

0^m 0125 pour



Fi R DE COOLGARDIE ALIE

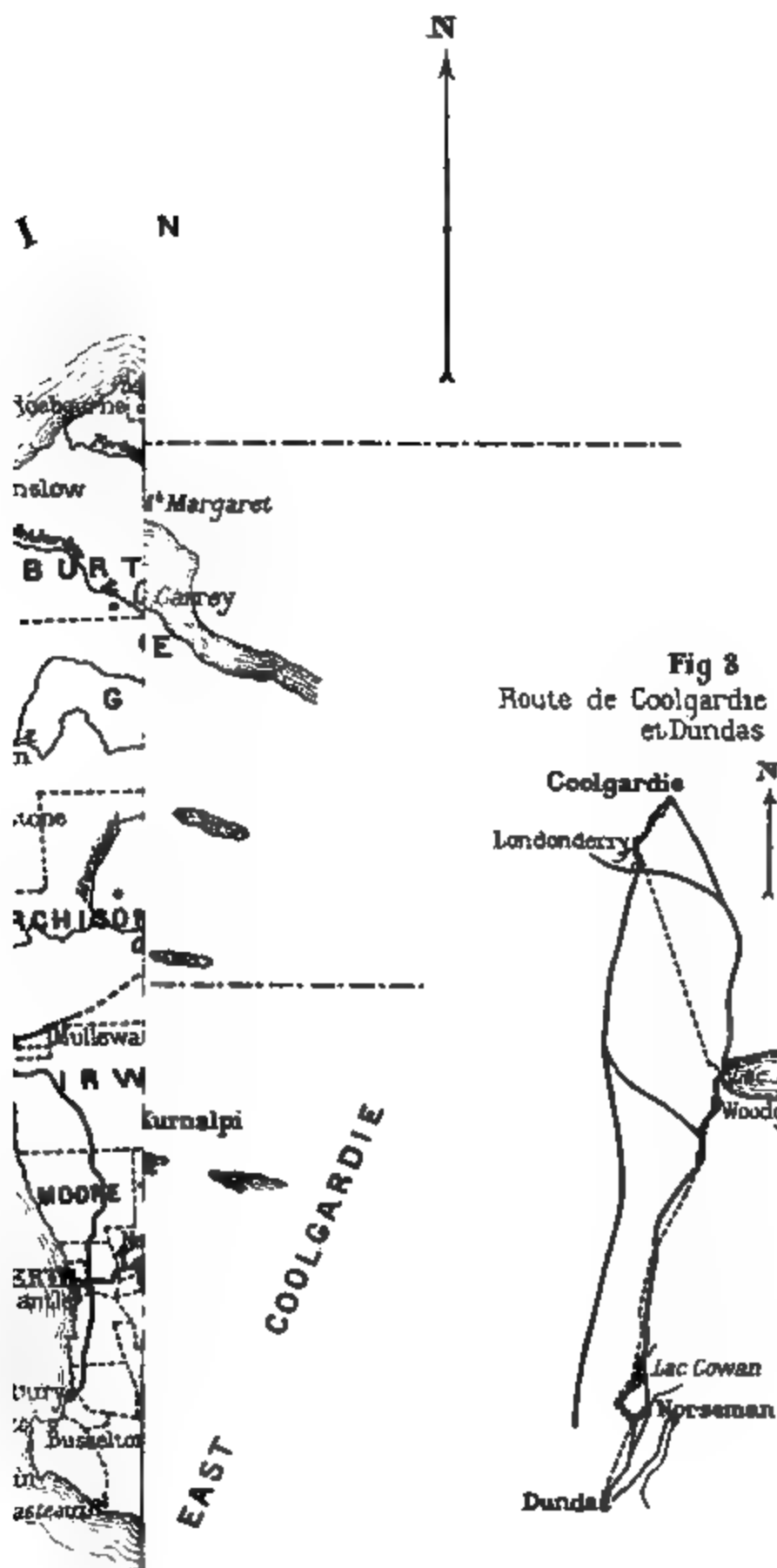
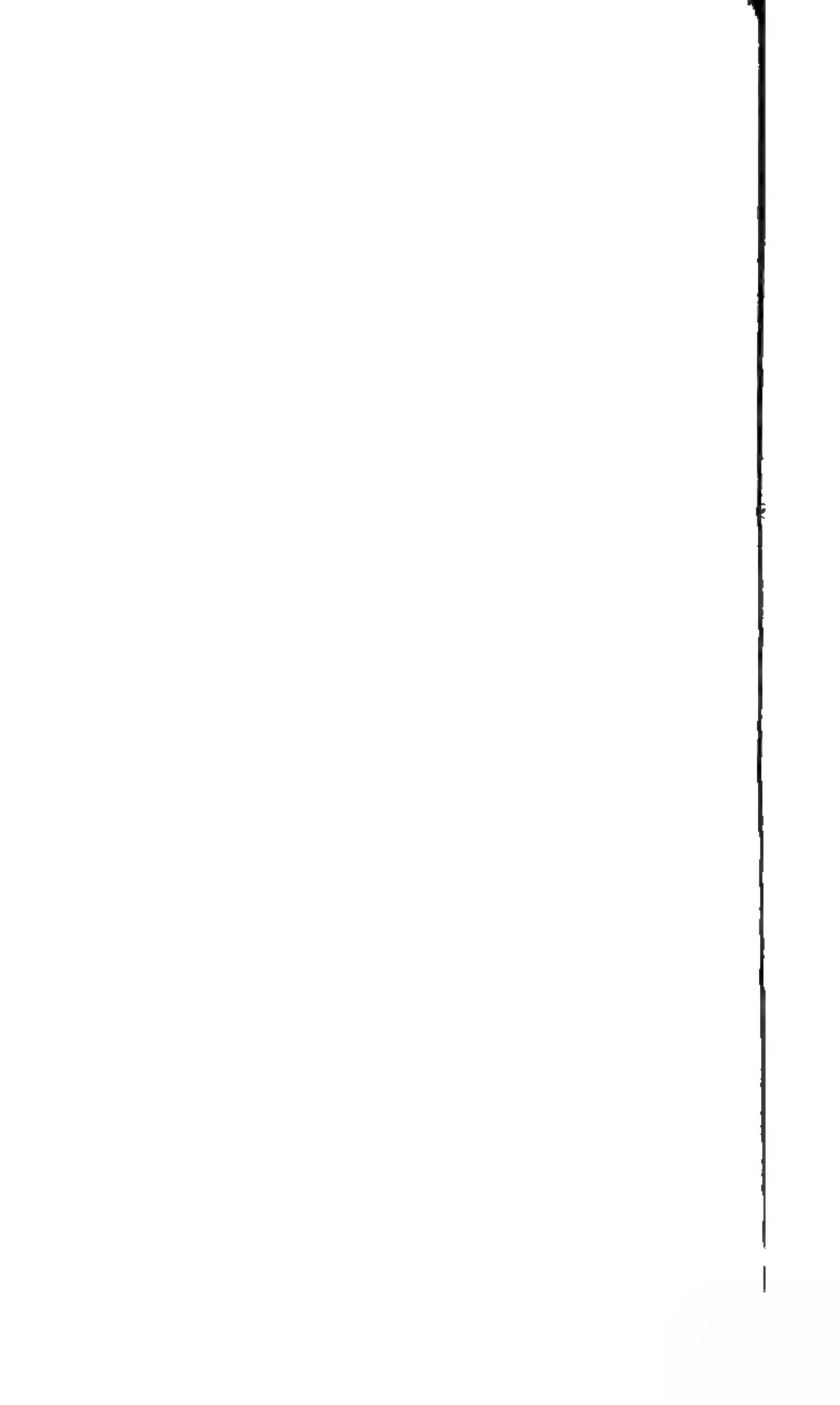


Fig 8
Route de Coolgardie
et Dundas



EAST

MURCHISON

Nd

COOLGARDIE

MPS

D'OR

E EAST

COOLGARDIE

N
D
I
E

AUSTR

GOLFE

DES C
DIE, VII

==

9^e Série.

Auto-imp. L. Courcier,

Fig. 6 à 8. Armature (en fonte malleable)

Fig. 7. Coupe par AB

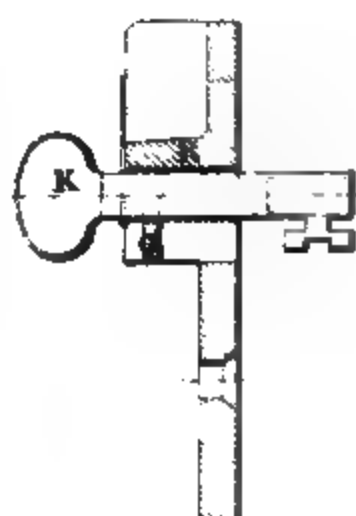


Fig. 6. Elevation

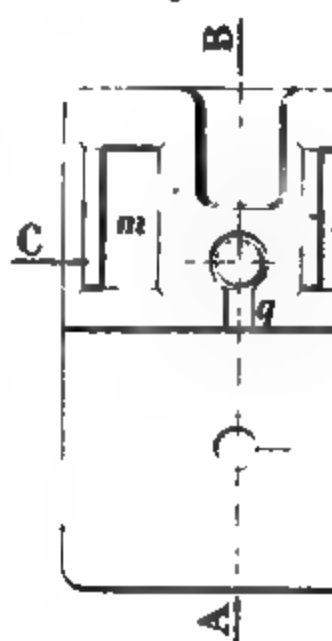
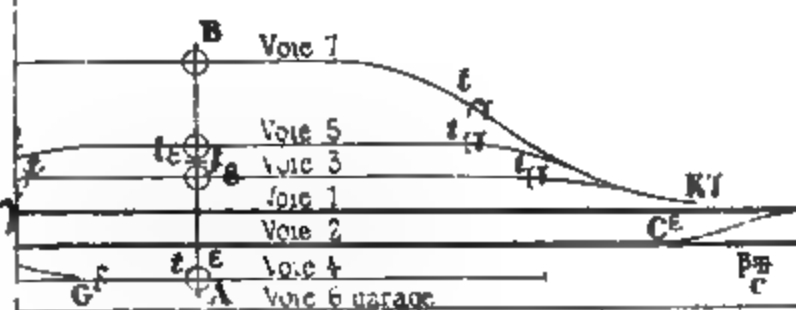


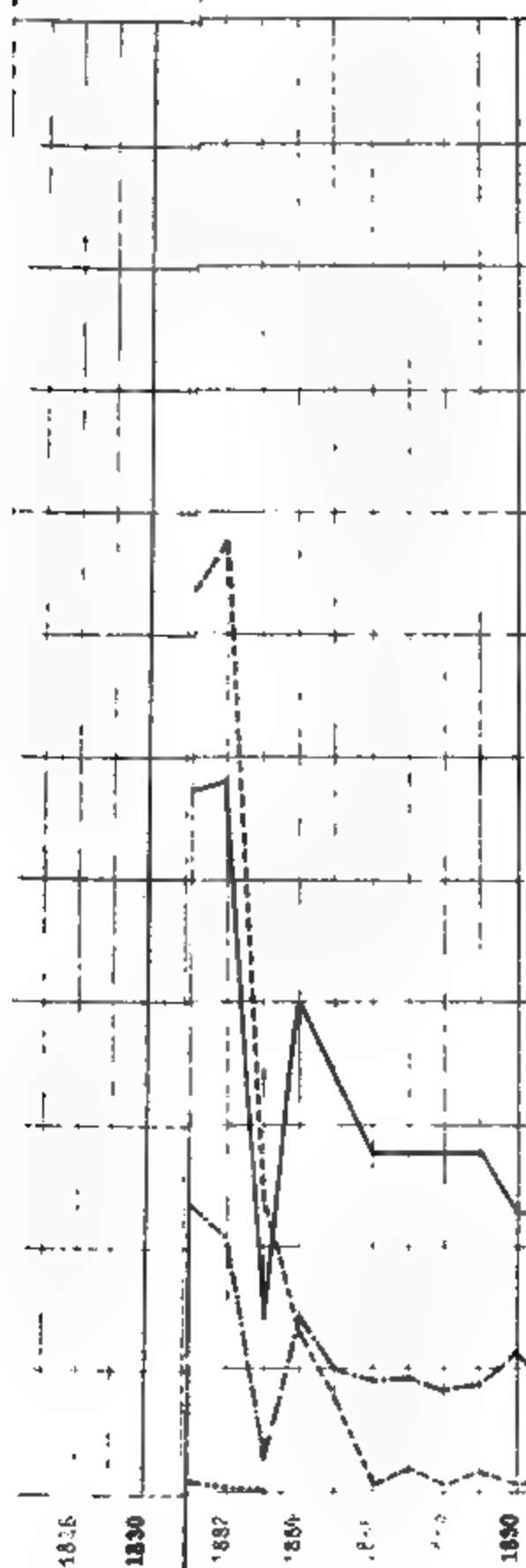
Fig. 8. Coupe par



Fig. 15. Schema des voies d'une Gare



Rails de fer
 Vans marchands
 Mines de fer
 Rails d'acier



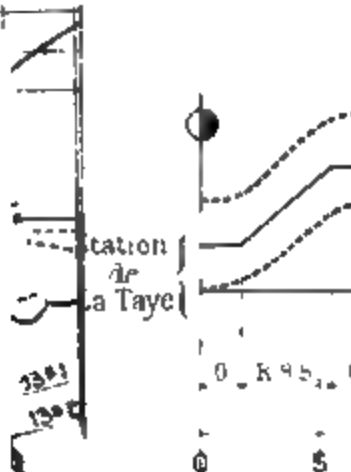
MÉTHOCHÉMINS DE

bars



le des temps $\frac{2}{3}$ de
des accélérations.

Echelle

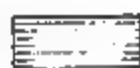


Série.

Auto in.

SE GÉOLOGIQUE DES PÉNINS DE KERTCH ET DE TAMAN

Legende



Pontique



Meouque



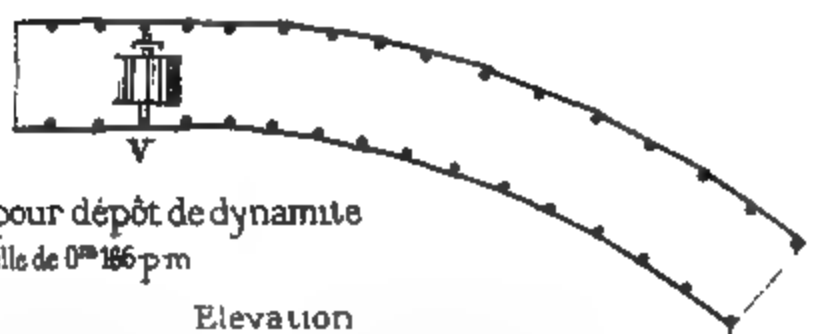
Sarmatique



Argiles schist
miocène supér

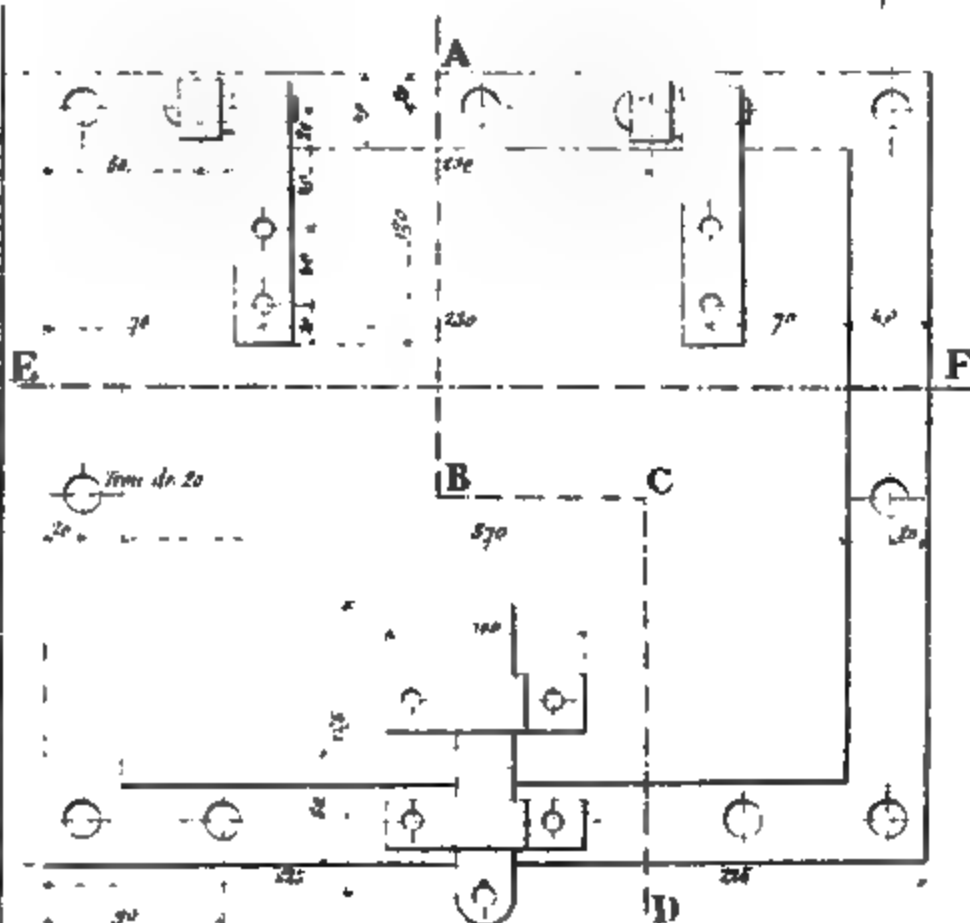
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

travers bancs du Decouvert Maugrand
Echelle de 0^m00375 p m

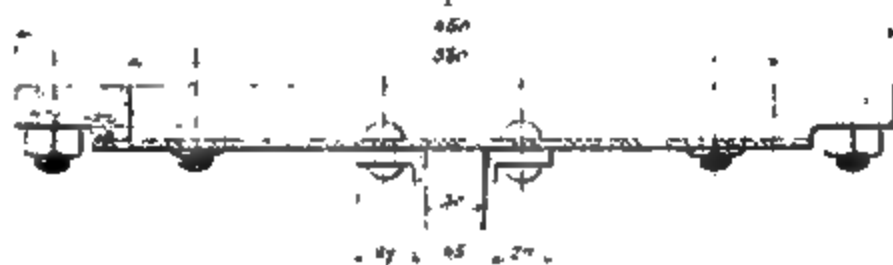


6. Porte pour dépôt de dynamite
Echelle de 0^m186 p m

Elevation



Coupe EF



S



es. 9. S

L. Couder, 45 rue de Valenciennes, Paris

no

7.

7.

F

cession

ROUMT 2

GANARA

P1 P2 P3 P4

Tarfes

t el Oust

Dumois

Belly

Oued

Fig. 2. Ras Puits

Brahim

P2 DJ. BOURC

Desc8

Campement

ZENNA

Juled Gasse

Chouchel Kranch

c. Gasser

88

Si-Ali-Merzou

Fig. 3. Ras Puits N°2

Oued ben Zou

66 666

1333

9e Série. To

L. Courrier, 43, rue de

